

АНТРОПОГЕННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ПЛАНКТОННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОПРОКАРИОТ ПАВЛОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2012 А.О. Полева¹, Ф.Б. Шкундина²

Поступила 15.03.2012

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии Уфимского научного центра РАН

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Башкирский государственный университет»

Нами применены некоторые подходы эколого-флористической классификации для выявления индикаторных видов, используемых в дальнейшем для оценки экологических условий в Павловском водохранилище (Республика Башкортостан).

Ключевые слова: водоросли, цианопрокариоты, автотрофный планктон, водохранилище, эколого-флористическая классификация, индикаторные виды.

Для оценки экологического состояния растительных сообществ может быть использован метод классификации Браун-Бланке, который основывается на группировке сообществ в соответствии с подобием флористического состава [8].

Водная среда имеет бóльшую однородность, чем наземные экотопы, и автотрофный планктон обладает повышенной подвижностью, что значительно выравнивает флористический состав сообществ [3]. В связи с этим, вместо комбинации диагностических видов в качестве диагностических признаков используются стабильные во времени и ярко выраженные физиономические доминанты водных сообществ [4]. Эта методика была использована О.Н. Никитиной [6] для выявления групп индикаторных видов автотрофного бентоса в водоёмах города Стерлитамака. Для классификации фитопланктона эта методика почти не использовалась.

Целью нашего исследования явилось использование некоторых подходов эколого-флористической классификации для выявления индикаторных видов, используемых в дальнейшем для оценки экологических условий в Павловском водохранилище.

Исследуемый водный объект расположен на р. Уфа в пределах Уфимского плато Южного Урала. Химический состав Павловского водохранилища на всем его протяжении (от с. Муллакаево до пос. Павловка) исключительно однороден и характеризуется сульфатно-гидрокарбонатным составом [1]. Минерализация воды в верховье водохранилища (с. Муллакаево), где начинается подпор на р. Уфе, составляет 0,41 г/дм³. Вниз по течению минерализация воды постепенно снижается, и у плотины (пос. Павловка) она не превышает 0,21–0,26 г/дм³, то есть происходит двукратное разбавление. В пределах наиболее глубокой части водохранилища минерализация в течение года меняется незначительно: 0,21 г/дм³ весной и 0,36 г/дм³ зимой. В весеннее

время в заливах крупных (Уфа, Юрюзань) и устьях небольших рек минерализация снижается до 0,11–0,13 г/дм³ при неизменном химическом составе, остается постоянной и рН (7,65–7,90).

В долине р. Уфы ниже Павловского водохранилища расположены крупные водозаборы централизованного водоснабжения г. Уфы и других населенных пунктов. Водный объект испытывает мощное техногенное воздействие промышленных, сельскохозяйственных предприятий и лесопромышленного комплекса Челябинской, Свердловской областей и Башкортостана. Кроме того, Павловское водохранилище является крупным рекреационным узлом. Это особенно остро ставит проблему контроля над состоянием экосистемы водоема и выявление групп индикаторных видов фитопланктона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили пробы водорослей, отобранные в 2003, 2008, 2009 гг. в разных створах по всей акватории водохранилища и в разные сезоны года. Методика сбора и обработки материала соответствовала общепринятым подходам в изучении водорослей [2]. Отбор проб осуществляли батометром Руттнера. Пробы отбирались на глубине 1,0 м. Пробы объемом 0,5 л фиксировали 40 % раствором формальдегида и концентрировали общепринятым осадочным способом с последующим отцеживанием до 50 мл [2]. Количественные пробы просчитывали в камере Нажотта объемом 0,01 см³ с использованием светового микроскопа (МБИ-3).

Биомассу фитопланктона определяли расчетно-объемным методом. При выделении групп и сообществ автотрофного планктона, с использованием некоторых методических подходов эколого-флористической классификации, были составлены сводные таблицы видового состава. Эти таблицы были упорядочены в результате перемещения строк-видов. Получена матрица, состоящая из сквозных и диагностических видов. Эта матрица была описана при анализе эколого-географических

Полева Александра Олеговна, к.б.н., с.н.с. лаб. гидрогеологии и геоэкологии, e-mail hydro@ufaras.ru; Шкундина Фаина Борисовна, д.б.н., проф. каф. ботаники, e-mail shkundinafb@mail.ru

характеристик видов и выявлении индикаторных видов.

Выполнен анализ ассоциированности видов и их связи с факторами водной среды с использованием подходов флористической классификации [8, 7].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За период исследования 2003-2009 гг. нами выявлено 153 вида и внутривидовых таксона водорослей и цианопрокариот из 90 родов, 47 семейств, 24 порядков, 10 классов и 7 отделов.

Результаты обработки списков автотрофного планктона Павловского водохранилища с использованием некоторых методических подходов эколого-флористической классификации показаны в таблице.

В ходе обработки исследований были выделены 2 группы автотрофного планктона.

1 группа. Сквозные виды, распространенные по всей территории водохранилища. Это виды *Chlorocella vulgaris* Beijer и *Microcystis pulverea* (Wood) Fotri emend. Elenk., имеющие широкое распространение. *Chlorocella vulgaris* – обычный представитель, обитающий в сточных водах, для этой водоросли характерна высокая степень сапробности (α -мезосапробионт с индексом сапробности 3,0), олигогалоб-галофил. *Microcystis pulverea* – планктонно-бентосный и почвенный вид, олигобетамезосапробионт (с индексом сапробности 1,4), олигогалоб-индефферент. Оба этих вида по географическому распространению космополиты.

Таблица. Сокращенная дифференцирующая таблица сообществ и вариантов автотрофного планктона

Створы, № пробы	Магинск					Караидель			Атамановка				Верхний бьеф				Устье р. Юрюзань		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1	2	3
Сквозные виды																			
<i>Microcystis pulverea</i>	3000	2520	4440	4680	4320	2880	1440	3960	1200	120	360	240	1320	1680	1440	720	360	120	
<i>Chlorocella vulgaris</i>	156	90	42	120	168	270	198	498	72	72	120	96	42	54	18	90	126	24	12
Диагностические виды сообщества <i>Scenedesmus quadricauda</i>-<i>Synedra acus</i>																			
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	192	456	216	300	252	504	324	726	12	12									24
<i>Cosmarium asphaerosporum</i>	30	24	18	18	30	66	84	102				18					6		
<i>Synedra acus</i>	288	414	234	174	174	330	432	708									6	24	
<i>Tetrachlorella alternans</i>	108	168	72	84	120	144	180	276			12			24					
Диагностические виды варианта <i>Dinobryon divergens</i>-<i>Aulacoseira granulata</i>																			
<i>Dinobryon divergens</i>	258	612	54	18	54									6			72		12
<i>Aulacoseira granulata</i>	234	510	324	36	114		54				138	234							
<i>Phacus agilis</i>	12	6	6	6	6														
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	60	78	90	66	6				144										
Диагностические виды варианта <i>Pediastrum tetras</i>-<i>Dictyosphaerium anomalum</i>																			
<i>Dictyosphaerium anomalum</i>						384	768	1212								174			
<i>Ankistrodesmus angustus</i>		6				78	24	120				6							
<i>Pediastrum tetras</i>			24			192	48	288											
<i>Nitzschia acicularis</i>						42	216	330		6							12	6	
<i>Pediastrum boryanum</i>						96	96	96											
Диагностические виды сообщества <i>Phacus pleuronectes</i>-<i>Anabaena circinalis</i>																			
<i>Anabaena circinalis</i>				36		906	54	1296	252		168	564							
<i>Phacus pleuronectes</i>									6	30	6	144	42	6			18	12	
<i>Schroederia setigera</i>						6			18	36	12	30		6			6		6
Диагностические виды сообщества <i>Gomphosphaeria lacustris</i>-<i>Synechococcus elongatus</i>																			
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>		102	444			576	1032	882	48			144	2502	4440	3936	3648	96		
<i>Synechococcus elongatus</i>	30	180	1110		570	60	150						270	330	366	438			
Диагностический вид сообщества <i>Fragilaria capucina</i>																			
<i>Fragilaria capucina</i>	690	234	36		72	102			672		192		174		18		558	330	180
Биомасса (г/м³)	11,04					18,41			1,45				0,47				1,30		
Зона трофности	Высокоэвтрофная					Высокоэвтрофная			Мезотрофная				Олиготрофная				Мезотрофная		

Примечание. Показатели численности приведены по количеству клеток в пробе

Во вторую группу вошли виды, характерные для разных створов водохранилища, из них *Fragilaria capucina* Desm. встречается на всех створах, но не во всех пробах.

Для этой группы характерны представители отдела *Chlorophyta*. Многочисленны были водоросли рода *Scenedesmus*: *S. quadricauda* (Turp.) Breb., *S. arcuatus* Lemm., *S. bijugatus* (Turp.) Kütz. Первый из них относится к бетамезосапробионтам (индекс сапробности – 2,0), два других олиго-альфа-мезосапробионты (индекс сапробности – 1,8). Все эти виды планктонные, по галобности олигогалоб-индефференты. Кроме этого распространены

ми были виды *Coelastrum microporum* Näg. in A. Br., *Tetrachlorella alternans* (G. M. Smith) Korsch., *Cosmarium asphaerosporum* Nordst. Из других отделов к этой группе относились *Gloeocapsa limnetica* (Lemm.) Hollerb., *Synedra acus* Kütz..

В ходе анализа нами были выделены 4 сообщества (фитоценона) автотрофного планктона с двумя вариантами одного из них.

Сообщество с диагностическими видами *Scenedesmus quadricauda*-*Synedra acus* характерно для двух створов Магинск и Караидель (9 видов). Сообщество диагностируется видами рода *Scenedesmus*: *Scenedesmus quadricauda* – β -

мезосапробионт, *Scenedesmus arcuatus* и *Scenedesmus bijugatus* – олиго- α -мезосапробионты, *Synedra acus* – β -мезосапробионт.

Вариант этого сообщества для створа Караидель с диагностическими видами *Pediastrum tetras-Dictyosphaerium anomalum* (12 видов). На этом створе группируются, в основном, хлорококковые водоросли и цианопрокариоты, причем *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. обычно вызывает «цветение» в равнинных водохранилищах. Этот комплекс развивается при повышенном содержании железа и нефтепродуктов по сравнению с Верхним бьефом. В период исследования наблюдалось превышение ПДКр.х. по железу, общему фосфору, меди, фенолам, нефтепродуктам.

Вариант сообщества *Dinobryon divergens-Aulacoseira granulata* (8 видов) для створа Магинск характеризует речные воды Восточноевропейского типа в вегетационный период (Шкундина, 1993). Такое доминирование речных видов объясняется впадением р. Бердяшки, вода которой разбавляет воды водохранилища.

Сообщество *Phacus pleuronectes-Anabaena circinalis* характерно для створа Атамановка. В него вошли 6 видов водорослей, это виды *Anabaena circinalis* (Kütz.) Hansg., *Aphanizomenon flos-aquae*, *Phacus pleuronectes* (Ehr.) Duj., *Schroederia setigera* (Schröd.) Lemm., *Planktosphaeria gelatinosa* G. M. Smith, *Chlorococcum ellipsoideum* Deason & Bold. Начиная с этого створа, диагностическими видами являются хлорококковые, эвгленовые и цианопрокариоты. Интенсивное развитие цианопрокариот характерно и для других водохранилищ, представители родов *Aphanizomenon* и *Anabaena* могут вызывать «цветение» воды. *Phacus pleuronectes* – β - α -мезосапроб, космополит. Таким образом, состав видов показывает возрастание застойных явлений и увеличение содержания растворенных органических веществ. Вид *Anabaena circinalis* является дифференцирующим для створов Караидель и Атамановка.

Сообщество *Gomphosphaeria lacustris-Synechococcus elongatus* было выявлено на створе Верхний бьеф. На этом створе происходит уменьшение содержания железа и увеличение концентрации меди. Выявление только двух индикаторных видов может быть связано с тем, что медь является альгицидом. Эти виды оказываются устойчивыми к повышению концентрации ионов меди. На Верхнем бьефе в 2009 г. вид *Gomphosphaeria lacustris* Chod. полностью отсутствовал, причем концентрация ионов меди была в пределах ПДК.

Диагностическим видом сообщества в устье р. Юрюзань являлась *Fragilaria capucina*. Группа характерных видов в этом створе не выделяется, исключая *Fragilaria capucina*, которая встречается в верховьях Павловского водохранилища. Это олигосапроб, космополит, индифферент, обычно доминирующий в реках.

Исследования показали, что существует связь между выделенными сообществами индикаторных видов и биомассой автотрофного планктона, характеризующей разные уровни эвтрофирования на разных створах водохранилища. Сообщество *Scenedesmus quadricauda-Synedra acus* характеризует высокоэвтрофные условия в акватории водохранилища, сообщества *Phacus pleuronectes-Anabaena circinalis* и диагностический вид *Fragilaria capucina* – мезотрофные, а сообщество *Gomphosphaeria lacustris-Synechococcus elongatus* – олиготрофные условия в водоеме.

Таким образом, проведенные нами исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Для экосистемы Павловского водохранилища выделено 2 группы автотрофного планктона: 1 группа – сквозные виды, распространенные по всей территории водохранилища – *Chlorella vulgaris* и *Microcystis pulvereae*, 2 группа – виды, характерные для разных створов.

2. Дифференцированы 4 сообщества автотрофного планктона с двумя вариантами одного из них. Состав сообществ отражает изменения гидрологического и гидрохимического режимов водохранилища, а также степень его эвтрофирования на разных створах.

3. Сообщество *Scenedesmus quadricauda-Synedra acus* (9 видов) включает виды, характерные для створов Магинск и Караидель. Внутри сообщества выделены 2 варианта: *Dinobryon divergens-Aulacoseira granulata* (8 видов) – для створа Магинск, *Pediastrum tetras-Dictyosphaerium anomalum* (12 видов) – для створа Караидель. Сообщество *Phacus pleuronectes-Anabaena circinalis* (6 видов) характерно для створа Атамановка, *Gomphosphaeria lacustris-Synechococcus elongatus* (2 вида) – на створе Верхний бьеф. Группа характерных видов в устье р. Юрюзань не выделяется, исключая *Fragilaria capucina*.

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам кафедры экологии Башкирского государственного университета д.б.н., профессору Б.М. Миркину и д.б.н., доценту, С.М. Ямалову и заведующему кафедрой ботаники Башкирского государственного университета, д.б.н., профессору А.Р. Ишбирдину за научные консультации и творческую помощь в процессе обработки материалов и подготовке статьи к печати.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахманов Р.Ф. Особенности формирования химического состава воды Павловского водохранилища // Гидрохимические материалы. 1994. Т.111. С. 139-150.
2. Водоросли. Справочник / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк, и др. Киев, 1989. 608 с.
3. Дубына Д.В. Классификация свободноплавающей растительности в водоемах Украины // Укр. ботан. журн. 1986. Т.43, №5. С.1-15
4. Дубына Д.В., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Принципы классификации высшей водной растительности // Гидробиологический журнал. 1989. Т.25, №2, С. 8-18.

5. Миркин Б.М., Мартыненко В.Б., Наумова Л.Г. Значение классификации растительности для современной экологии // Журнал общей биологии. Т. 65, № 2, 2004. С. 167–177

6. Никитина О.А. Состав автотрофного бентоса как биологический индикатор состояния водотоков г. Стерлитамака: Автореф. дис. канд. биол. наук Уфа, 2008. 16 с.

7. Шкундина Ф.Б. Фитопланктон рек СНГ. Уфа, 1993. 219 с.

8. Westhoff V., Maarel E. van der. The Braun-Blanquet approach // Classification of plant communities / Ed. R.H. Whittaker. The Hague. 1978. P.287-399.

ANTHROPOGENIC DYNAMICS OF PLANKTONIC ALGAE AND CYANOPROKARYOTA COMMUNITIES OF PAVLOVSKOE RESERVOIR

© 2012 A.O. Poleva¹, F.B. Shkundina²

¹ Federal official body of science Institute of Geology, Ufa Scientific Center of RAS

² Federal State budget institution of higher education "Bashkir State University"

We used some of the approaches of ecological-floristic classification for the identification of indicator species. The indicator species are used then to assess the environmental conditions in Pavlovskoe Reservoir (Bashkortostan).

Keywords: *algae, cyanoprokaryota, autotrophic plankton, water reservoir, eco-floristic classification, indicator species.*