

УДК 581.526.32

## **СОСТАВ ФИТОПЛАНКТОНА КАК БИОИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ВОДОТОКОВ ГОРОДА ТВЕРИ**

**А.С. Филиппов**

Тверской государственный университет, Тверь

Альгоидикационный метод широко используется в системе геоэкологического мониторинга водных объектов. Этот метод (наряду с другими методами биоиндикации и биотестирования) позволяет выявлять степень загрязняющего антропогенного воздействия на природные комплексы. В работе представлены некоторые результаты применения альгоиндикации на примере водотоков города Твери.

**Ключевые слова:** фитопланктон, цианопрокариотно-водорослевые ценозы, сапробность.

Способность водорослей и цианопрокариот быстро реагировать на воздействие различных загрязнителей и стабильность реакции на загрязняющие вещества является важнейшим условием для успешного их применения как индикаторных организмов. Одним из элементов мониторинга является диагностирование состояния и степени жизнеспособности клеток в природной среде [4].

Водоросли и цианопрокариоты планктона и перифитона могут формировать цианопрокариотно-водорослевые ценозы (ЦПЦ), которые являются одним из основных компонентов водных экосистем и играют большую роль в процессах самоочищения и улучшения санитарно-биологического состояния водоемов. Сообщества автотрофного планктона и перифитона водотоков городов изучены недостаточно.

В крупнейшем из промышленных центров на территории Тверской области г. Твери, где развита химическая и легкая промышленность, а также машиностроение, неминуемо загрязнение проточных водоемов, находящихся на территории города.

Цель работы – изучить состав цианопрокариотно-водорослевых ценозов водотоков на территории и в окрестностях г. Твери как критерий оценки качества среды.

Задачи исследования:

1. Проанализировать основные флористические характеристики цианопрокариотно-водорослевых ценозов на исследуемых территориях;
2. Выполнить флористический анализ фитопланктона на всех станциях и выявить таксоны рангом ниже рода;

3. Провести эколого-географический анализ состава видов водорослей и цианопрокариот;

4. Выделить водотоки разного экологического состояния по диагностическим видам-индикаторам;

#### **Материалы и методы**

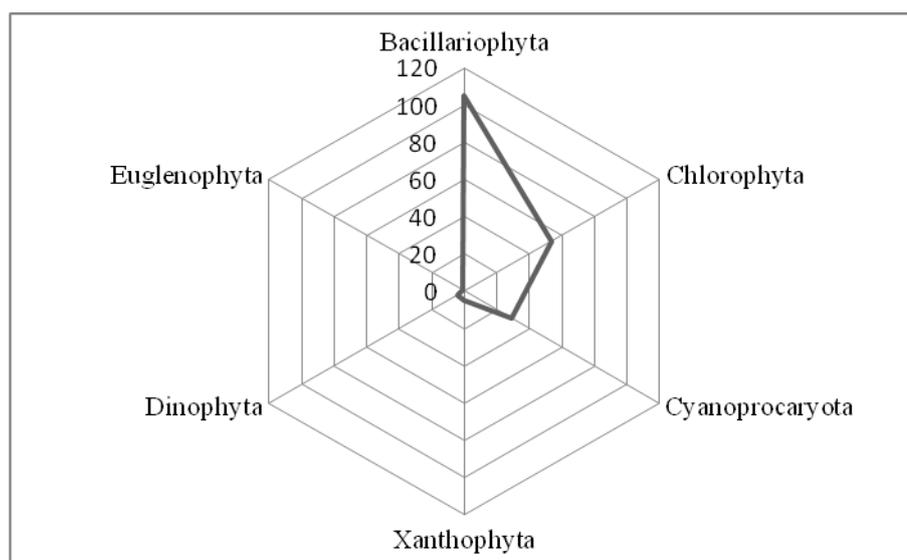
Материалом для работы послужили 50 индивидуальных качественных проб автотрофного и перифитона трех пересекающих город водотоков (р. Волга, р. Тьмака, р. Соминка), отобранных в период с 2008-2011 г. Отбор осуществляли ежемесячно по методике Н. П. Масюк и М. И. Радченко [2] и согласно требованиям ГОСТ [3].

Для выделения экологических групп использовали методику, предложенную в монографии С.С. Бариновой [1]. В случаях невозможности идентификации организма до вида при вычислении индекса сапробности использовали индекс S, рассчитанный в среднем для рода. В таких случаях учитывали амплитуду варьирования и положение среднего в ряду варьирования индекса. При анализе сходства систематической структуры флоры ЦПЦ применяли коэффициент общности видового состава Жаккара. В качестве показателей систематического разнообразия были взяты пропорции флоры: среднее число таксонов, рангом ниже рода в семействе (в/с), среднее число родов в семействе (р/с), среднее число таксонов, рангом ниже рода в роде (тнр/р). Материалы настоящего исследования частично опубликованы [5].

#### **Результаты**

В табл. 1 представлена систематическая структура автотрофного бентоса водных объектов на территории г. Твери. Распределение видов по отделам дано на рис. 1.

Ведущую роль в формировании автотрофного планктона исследованных водотоков играли *Bacillariophyta*, представленные 3 классами, 12 порядками, 19 семействами и 28 родами, что достаточно для фитопланктона. Вклад классов, входящих в отдел, неравнозначен. Класс *Coscinodiscophyceae* был представлен 2 порядками и 3 родами, представители которых отмечены единично. Наибольшим разнообразием отличился класс *Bacillariophyceae* (105), среди порядков по уровню видового разнообразия лидировал *Naviculales* (38). Наибольшим разнообразием были представлены роды *Navicula*, *Cymbella*, *Nitzschia*. Часто встречались виды *Navicula exigua*, *N. simplex*, *Nitzschia radiosa* и *Cymbella ventricosa*. Из класса *Fragilariophyceae* выявлено 15 видов и внутривидовых таксонов из порядка *Fragilariales*. Преобладали *Diatoma vulgare*, *Meridion circulare*, *Synedra ulna*, *S. acus*.



Р и с .1. Распределение выявленных видов по отделам

Ведущим порядком отдела *Chlorophyta* является *Chlorococcales* (37). *Cyanoprokaryota* представлены одним классом (*Cyanophyceae*), 3 порядками, 14 родами и 29 видами и внутривидовыми таксонами. Часто встречались представители рода *Oscillatoria*, которые предпочитают воды, загрязненные органическими веществами.

В результате сравнения значений родового коэффициента по семействам было выяснено, что наибольшим родовым коэффициентом характеризуется отдел *Cyanoprokaryota* (2,3). Менее разнообразны в видовом отношении *Chlorophyta* (2,1), *Bacillariophyta* (1,5). *Dinophyta*, *Xanthophyta*, *Euglenophyta* показали одинаковое значение коэффициента – 1,0. Анализ родовой насыщенности внутривидовыми таксонами показывает, что на первое место выходят *Bacillariophyta* с более высоким значением родового коэффициента (3,71). На второе место выходят *Chlorophyta* – 2,35, далее следуют *Cyanoprokaryota* (2,07), у остальных отделов родовой коэффициент – 1,0.

Десять ведущих семейств включали 55,4 % видового состава автотрофного планктона. Диатомовые водоросли занимали максимальное число ранговых мест – пять. Два ранговых места в списке ведущих семейств принадлежали зеленым водорослям. На первом месте находилось семейство *Microcystaceae* (11,6 %). Более высокое положение колониальных мелкоклеточных цианопрокариот по сравнению с семействами зеленых и диатомовых водорослей отражает усиливающееся загрязнение.

Таблица 1  
Систематическая структура автотрофного планктона водных объектов  
на территории г. Твери

Название водоемов	Систематическая структура					
	Отделов	Классов	Порядков	Семейств	Родов	Всего, рангом ниже рода
р. Волга	6	9	26	34	65	74
р. Тьмака	6	9	23	39	49	130
р.Соминка	4	7	22	32	54	85
Всего	6	9	26	42	71	195

Таблица 2  
Таксономический состав альгофлоры планктона водотоков Твери

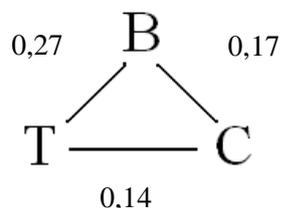
	Число таксонов				
	классов	порядков	семейств	родов	всего, рангом ниже рода
Цуанопrocaryota	1	3	6	14	29
Bacillariophyta	3	12	19	28	104
Xanthophyta	1	3	3	3	3
Dinophyta	1	2	2	2	2
Euglenophyta	1	1	1	1	1
Chlorophyta	2	5	11	23	54
Итого	9	26	42	71	195

Спектр 10 ведущих родов включал 102 вида и внутривидовых таксона или 38,2 % автотрофного планктона.

Определение сходства между описаниями является одной из основ их группирования в фитоценозы. Нами в качестве меры сходства использован коэффициент Жаккара.

Максимальное сходство показывает пара р. Волга – р. Тьмака ( $K_j=0,27$ ), наибольшие отличия выявлены в двух остальных парах р. Волга – руч. Соминка ( $K_j=0,17$ ) и р. Тьмака – р. Соминка ( $K_j=0,14$ ) (рис. 2).

Результаты выделения ЦВЦ показаны в табл. 3 и 4. На изучаемых участках нами были выделены 12 альгоценозов по доминирующим родам.



Р и с . 2. Значения коэффициента Жаккара, отражающие степень видового сходства изучаемых участков (В – р. Волга; Т – р. Тьмака; С – руч. Соминка)

Таблица 3

Типы альгоценозов р. Тьмаки

Типы сообществ	№ точки	S
Cocconeis – Navicula	1	1,68
Cocconeis – Melosira – Navicula	2	1,91
Cocconeis	3	1,48
Cocconeis – Melosira – Synedra	4	1,72
Navicula – Synedra – Fragillaria	5	1,76
Cocconeis - Synedra	6	1,66
Melosira – Navicula – Stauroneis	7	2,03
Melosira – Navicula – Fragillaria	8	1,52
Navicula – Melosira – Microcystis	9	1,5
Cocconeis – Melosira – Fragillaria	10	1,67

Большинство видов по характеру местообитания относятся к бентосным (56 видов), а планктонных и планктонно-бентосных форм значительно меньше – 12 и 11 видов соответственно. Остальные виды (51 вид) устойчивой приуроченности к какому-либо местообитанию не выказывают.

Спектр предпочитаемых местообитаний и типов географической приуроченности был сходным во всех точках.

Отношение к солености воды удалось оценить для 81 (62 %) вида водорослей. Среди видов – индикаторов галобности преобладали индифференты (56 видов). Велика доля галофилов (15 видов) при заметно меньшем участии мезогалобов и галофобов, 3 и 7 видов соответственно.

Таблица 4

Типы альгоценозов р. Волги

Типы сообществ	№ точки	S
Cocconeis	1	1,55
Cocconeis – Melosira	2	1,90
Cocconeis – Melosira	3	1,89
Cocconeis – Melosira – Fragilaria	4	1,95
Cocconeis – Melosira – Fragilaria	5	1,97
Cocconeis – Aulacoseira	6	1,96
Melosira – Aulacoseira	7	1,98
Melosira – Aulacoseira	8	1,97
Melosira – Aulacoseira – Fragilaria	9	2,0

При оценке отношения собранных водорослей к кислотности водной среды выявлено преобладание алкалифилов (29 вид) и индифферентов (27 видов). Алкалибионтов и ацидофилов было гораздо меньше – 9 и 7 видов соответственно. Заметим, что доминанты изучаемых сообществ (*Cocconeis pediculus* Ehr., *Cocconeis placentula* Ehr., *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Melosira varians* Ag.) – одновременно гало- и алкалифилы. Это указывает на повышенное содержание растворенных солей и на слабощелочную реакцию воды изучаемых водотоков.

В составе альгофлоры исследуемых участков были выявлены виды, известные своим предпочтением к определенным температурным условиям. Всего зарегистрировано 17 таких видов, из которых 6 термофилов, 8 индифферентов, 2 эвритермных вида, 1 холодолюбивый вид. При этом такие обитатели теплой воды, как *Amphora ovalis* Kütz., *Anomoeoneis sphaerophora* Ehr., *Cocconeis placentula* Ehr., *Melosira*

*varians* Ag., почти во всех пробах показали высокую частоту встречаемости.

Отношение к течению оценили для 14 таксонов, рангом ниже рода. Среди них 4 индифферента, 8 реофобов и 2 реофила.

Качество или степень органического загрязнения воды оценивали по 75 (58 % от общего списка) видам – индикаторам сапробности, большинство которых представлены олиго- и  $\beta$ -мезосапробными формами.  $\alpha$ -мезосапробы и полисапробы в пробах были немногочисленны (рис. 3). Это представители цианопрокариот (виды родов *Anabaena* Bory, *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont) и зеленых (*Chlorella vulgaris* Beyerink), а также некоторые диатомеи. Значительным оказалось число видов, способных быть индикаторами чистых вод (ксеносапробов).

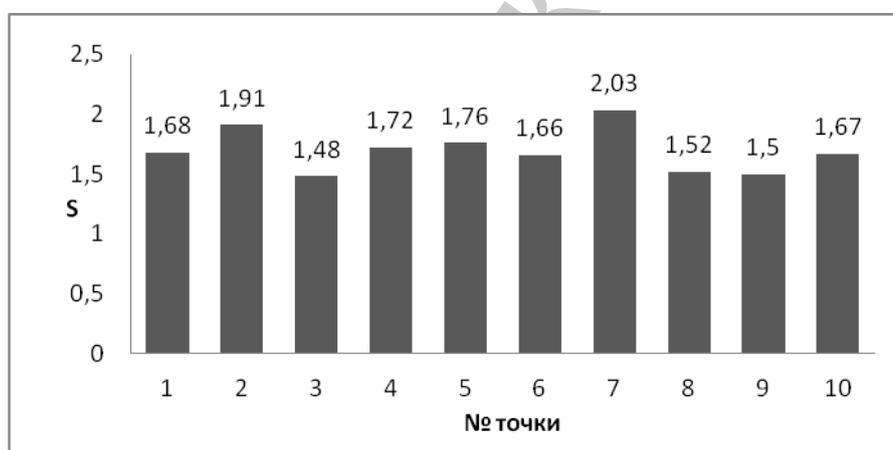


Рис. 3. Варьирование индекса сапробности (S) на участке р. Тьмаки

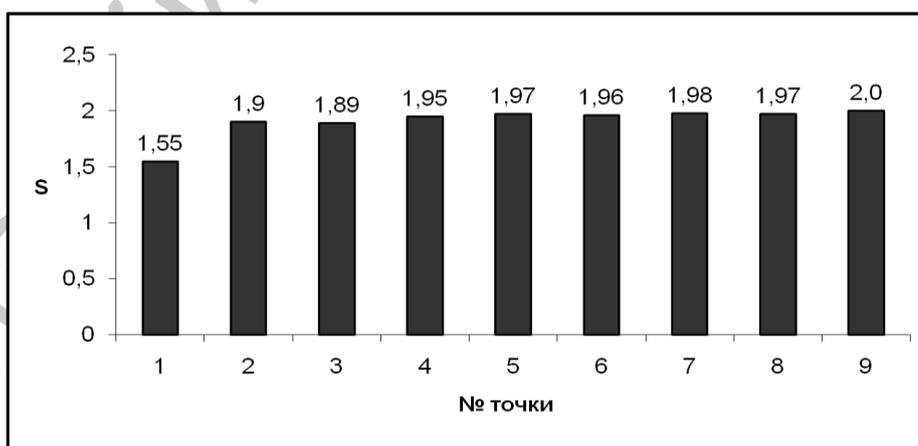
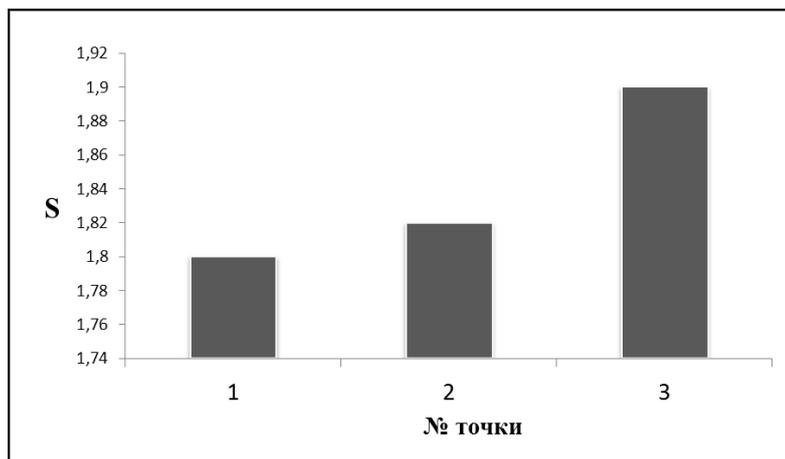


Рис. 4. Варьирование индекса сапробности (S) на участке р. Волги

На участке р. Тьмаки индекс сапробности воды варьировал от 1,48 до 2,03, при среднем значении 1,69 (рис. 3). Наблюдалось некоторое повышение индекса сапробности в районе д. Никулино (1,91) и в месте сброса подогретых вод с ТЭЦ №1 (2,03). На участке р. Волги индекс S варьировал от 1,55 (выше пос. Мигалово) до 2,0 (р-н Химинститута) (рис. 4). На руч. Соминка индекс изменялся от 1,8 до 1,89, при среднем значении 1,84 (рис. 5).



Р и с . 5. Варьирование индекса сапробности (S) на руч. Соминка

По результатам исследования были сделаны следующие выводы:

1. В автотрофном планктоне на территории г. Твери в р. Волга, р.Тьмака и руч. Соминка выявлено 195 видов и внутривидовых таксонов из 71 рода, 42 семейств, 27 порядков, 9 классов и 6 отделов. Ведущими по числу видов являются отделы *Bacillariophyta* – 104, *Chlorophyta* – 54 и *Cyanoprokaryota* – 29 видов и внутривидовых таксонов. За весь период наибольшим родовым коэффициентом характеризуется отдел *Cyanoprokaryota* (2,3). Менее разнообразны в видовом отношении *Chlorophyta* (2,1), *Bacillariophyta* (1,5). *Dinophyta*, *Xanthophyta*, *Euglenophyta* показали одинаковое значение коэффициента – 1,0. Анализ родовой насыщенности внутривидовыми таксонами показывает, что на первое место выходят *Bacillariophyta* с более высоким значением родового коэффициента (3,71). На второе место выходят *Chlorophyta* – 2,35, далее следуют *Cyanoprokaryota* (2,07), Анализ спектра ведущих таксонов различного ранга показал, что на уровне порядков первое место занимает *Naviculales* – 14,2 %, на втором месте *Chlorococcales* – 13,8 %, за ними следует *Chroococcales* – 12 % .

2. Во всех водотоках доминировали космополитные бентосные виды, индифферентные к солевому составу и предпочитающие слабощелочную реакцию среды.

3. По степени загрязнения органикой участки рек относятся к  $\beta$ -мезосапробной зоне, к классу вод удовлетворительной чистоты, к разряду достаточно чистой воды.

4. По доминирующим видам нами были выделены следующие типы альгоценозов: *Cocconeis – Navicula*; *Cocconeis – Melosira – Navicula*; *Cocconeis*; *Cocconeis – Melosira – Synedra*; *Navicula – Synedra – Fragillaria*; *Cocconeis – Synedra*; *Melosira – Navicula – Stauroneis*; *Melosira – Navicula – Fragillaria*; *Navicula – Melosira – Microcystis*; *Cocconeis – Melosira – Fragillaria*; *Melosira – Aulacoseira*; *Melosira – Aulacoseira – Fragillaria*.

5. В случаях невозможности идентификации организма до вида – при вычислении индекса сапробности – возможно использование индекса *S*, рассчитанного в среднем для рода. Однако в таких случаях важно учитывать амплитуду варьирования и положение среднего в ряду варьирования индекса.

#### **Список литературы**

1. Барина С.С. Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. М., 2000.
2. Водоросли. Справочник. Под ред. Вассера С.П. Киев, 1989.
3. Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 51592-2000 "Вода. Общие требования к отбору проб", 2000.
4. Садчиков А.П. Гидробиология. Прибрежно-водная растительность. М., 2005
5. Филиппов А.С. Индикационный аспект изучения альгофлоры некоторых водотоков города Твери // Вестник Тверского государственного университета: серия «География и геоэкология». – Тверь, 2010. – С.46-56

#### **COMPOSITION OF PHYTOPLANKTON AS BIOINDICATOR OF WATER STREAMS OF TVER**

**A.S. Filippov**

Tver State University

The eutrofication or saprobe level in natural water ecosystems can be estimated using algae and cyanoprocaroyotes as bioindicators. Some results of such bioindicative study of several rivers in Tver are presented and discussed.

**Keywords:** *algae, eutrofication, bioindicators.*

*Об авторе:*

ФИЛИППОВ Андрей Сергеевич, ассистент кафедры физической географии и экологии факультета географии и геоэкологии ТвГУ; 170021, г. Тверь, ул. Прошина, д. 3 корп. 2.; [fly-p-andrew@mail.ru](mailto:fly-p-andrew@mail.ru)