

ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ ОСЕННЕГО ФИТОПЛАНКТОНА РЕК ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ В БИОЛОГИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ВОДОЕМОВ

**Е. В. Малышева, И. В. Якунина,
Т. Н. Киселева, Т. В. Логина**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет
им. Г. Р. Державина», г. Тамбов, Россия;
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический
университет», г. Тамбов, Россия*

Рецензент д-р техн. наук, профессор Н. С. Попов

Ключевые слова: биологический метод оценки качества вод; виды-биоиндикаторы; зона сапробности; самоочищение водоемов; фитопланктон.

Аннотация: Проведен анализ видового и таксономического разнообразия фитопланктонных сообществ на примере некоторых рек Тамбовской области. Рассмотрены методы биологической оценки качества вод в определении степени сапробности водоемов. В ходе проведенных исследований выявлены водоемы с хорошим резервом для самоочищения.

Целесообразность использования биологического метода оценки загрязненности водоемов определяется необходимостью прямой оценки состояния пресноводных экосистем [1], которая включает определение:

- суммарного эффекта комбинированного воздействия внешних экологических факторов на водную экосистему;
- экологического состояния водных объектов и установление экологических последствий при антропогенном воздействии;
- направления изменения структурной организации водных биоценозов в условиях загрязнения природной среды.

Малышева Елена Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Природопользование и землеустройство», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина»; Якунина Ирина Владимировна – кандидат химических наук, доцент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», e-mail: yakunina-iv@mail.ru, ТамбГТУ; Киселева Татьяна Николаевна – магистрант; Логина Татьяна Викторовна – магистрант, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина», г. Тамбов, Россия.

Использование показателей развития фитопланктонных сообществ для оценки загрязненности водоема определяется его способностью к последовательной смене видового состава (сукцессии) при эвтрофикации и ухудшении качества воды [2 – 4]. Кроме того, фитопланктон является одним из важнейших элементов водных экосистем, поскольку свободно парящие в толще воды его организмы осуществляют процесс фотосинтеза и участвуют в формировании качества воды. Фитопланктон представляет собой мощный и неиссякаемый источник органических веществ, служит постоянной кормовой базой и первоначальным звеном в пищевых цепях для многих организмов. Отмирая, фитопланктон образует массу детрита и растворимых органических веществ, идущих на питание бактерий и простейших. Сам по себе фитопланктон является источником питания для беспозвоночных животных, некоторых рыб и их молоди [5 – 7].

Среди биологических методов оценки качества вод важное место занимает сапробиологический анализ, который основан на выявлении степени загрязнения органическим веществом. Способность водоема к самоочищению оценивается в соответствии с разделением вод на зоны сапробности, которые определяются по индикаторным видам. В связи с этим различают организмы: сильно загрязненных вод – полисапробы (р); умеренно загрязненных – мезосапробы (α - и β -мезосапробы); слабо загрязненных – олигосапробы (о) [9 – 11].

Фитопланктонные организмы могут служить индикаторами различных стадий разложения органического вещества в водоеме. Распад органических веществ в водоеме приводит к потреблению кислорода и накоплению продуктов распада. Экологическое благополучие водной экосистемы наблюдается при наступлении состояния равновесия между образованием первичной продукции органического вещества (или поступлением органического вещества со сточными водами) и разрушением, в конечном итоге минерализацией.

Индикаторные свойства фитопланктонных сообществ определяются не только фактом присутствия или отсутствия определенных сапробных видов, но и степенью их количественного развития. Поэтому изучение таких показателей, как видовой и групповой составы, численность, биомасса, их пространственно-временная изменчивость, имеет большое практическое значение для оценок качества водоемов [12, 13].

Цель работы – исследование видового и таксономического разнообразия осеннего фитопланктона некоторых рек Тамбовской области и оценка их экологического состояния.

Отбор проб фитопланктона осуществлялся в четырех точках наблюдения в соответствии с методическими рекомендациями [14]:

- р. Лесной Воронеж (с. Епанчино Мичуринского района);
- р. Ворона (г. Уварово Уваровского района);
- р. Большой Ломовис (с. Новгородовка Рассказовского района);
- р. Кашма (с. Пичаево Пичаевского района).

Сбор проб фитопланктона проводился с сентября по октябрь 2018 г. Для этого использовалась фильтрация воды через планктонную сеть. Сетяные пробы планктона исследовали в живом и фиксированном состояниях.

Собранный материал предварительно просматривали под микроскопом Микмед-5 в живом состоянии в день сбора. С помощью видеоокуляра TourCam14 делали снимки организмов, обнаруженных в пробах, что в дальнейшем облегчило установление их видового состава, которое проводили с помощью определителей [15, 16].

Количество обнаруженных в пробе особей оценивалось по пятибалльной системе: 1 балл – единичные экземпляры, 2 – мало (2 – 4 особи), 3 – среднее количество (5 – 7 особей), 4 – много (8 – 11 особей), 5 – в массе (от 12 особей) [17].

Анализ видового и таксономического разнообразия показал, что структуру осеннего фитопланктона на уровне отдела формируют наиболее распространенные в средней полосе России водоросли: сине-зеленые, зеленые, эвгленовые и диатомовые.

Во всех исследуемых водоемах доминирующие позиции занимали диатомовые водоросли (*Bacillariophyta*), что характерно для структуры осеннего фитопланктона (рис. 1) [4, 6, 16]. Было обнаружено 11 родов водорослей данного отдела, которые относятся к 4 классам.

1. Класс *Bacillariophyceae*:

- род *Amphora Ehrenberg* 1844; порядок *Thalassiosiphysales*;
семейство *Catenulaceae*;
- род *Cocconeis Ehrenberg* 1838; порядок *Achnanthes*;
семейство *Cocconeidaceae*;
- род *Cymbella Agardh* 1830; порядок *Cymbellales*;
семейство *Cymbellaceae*;
- род *Gomphonema Ehrenberg* 1832; порядок *Cymbellales*;
семейство *Gomphonemataceae*;
- род *Navicula Bory* 1822; порядок *Naviculales*;
семейство *Naviculaceae*;
- род *Nitzschia Hassall* 1845; порядок *Bacillariales*;
семейство *Bacillariaceae*;
- род *Pinnularia Ehrenberg* 1843; порядок *Naviculales*;
семейство *Pinnulariaceae*.

2. Класс *Fragilariophyceae*:

- род *Diatoma Bory* 1824; порядок *Fragilariales*;
семейство *Fragilariaceae*;
- род *Synedra* 1824; порядок *Fragilariales*;
семейство *Fragilariaceae*.

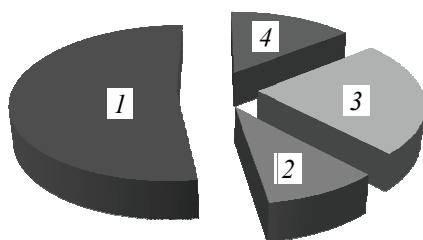


Рис. 1. Соотношение отделов одноклеточных водорослей:
1 – диатомовые (*Diatomophyta*); 2 – эвгленовые (*Euglenophyta*);
3 – зеленые (*Chlorophyta*); 4 – сине-зеленые (*Cyanophyta*)

3. Класс *Coscinodiscaceae*:
– род *Pleurosira* (Meneghini) Trevisan 1848; порядок *Triceratiales*; семейство *Triceratiaceae*.

4. Класс *Centrophyceae*:
– род *Melosira*; порядок *Coscinodiscales*; семейство *Melosiraceae*.

Во всех исследуемых водоемах с высокой частотой встречаются такие роды, как *Pinnularia*, *Synedra* и *Cocconeis*. Наибольшее видовое разнообразие диатомей отмечается для рек Большой Ломовис и Кашма, а наименьшее – для р. Вороны в черте г. Уварово (табл. 1).

Таблица 1

Частота встречаемости водорослей

Род	Баллы встречаемости (частота), река			
	Большой Ломовис	Ворона	Лесной Воронеж	Кашма
Отдел <i>Bacillariophyta</i>				
<i>Amphora</i> sp.	–		2	1
<i>Diatoma vulgare</i>	3		–	
<i>Diatoma elongatum</i>	–	4	–	5
<i>Cocconeis</i> sp.	3		3	4
<i>Cymbella cistula</i>		2		–
<i>Cymbella lanceolata</i>	2	–	–	5
<i>Gomphonema</i> sp.	4	3	–	2
<i>Melosira</i> sp.			2	3
<i>Navicula cryptocephala</i>	–		–	4
<i>Navicula gracilis</i>	3	–	5	3
<i>Navicula trivialis</i>	–		–	
<i>Nitzschia palea</i>				4
<i>Pinnularia viridis</i>	3		5	
<i>Pleurosigma</i> sp.	–	1	3	2
<i>Synedra acus</i>	3	5		4
Отдел <i>Chlorophyta</i>				
<i>Bracteacoccus</i>	2			1
<i>Chlorella</i>	3		–	3
<i>Chloromonas</i>	2			2
<i>Closterium</i>		1	3	1
<i>Gonium</i>	3	–	2	–
Отдел <i>Cyanophyta</i>				
<i>Holopedia</i> sp.	–	2		–
<i>Oscillatoria</i> sp.	3		1	
<i>Anabaena</i>	–	2		–
Отдел <i>Euglenophyta</i>				
<i>Phacus</i>		–		2
<i>Euglena</i>	2		–	

В реке Большой Ломовис доминантным среди диатомовых являлся род *Gomphonema*, субдоминантами выступали диатомеи родов *Diatoma*, *Cymbella*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Synedra*, *Cocconeis*.

В фитоценозе р. Вороны на изучаемом участке видами-доминантами выступили *Pinnularia viridis* и *Synedra acus*. Дополнительными видами являлись диатомеи родов *Diatoma*, *Cocconeis*, *Gomphonema*, *Melosira*, *Cymbella*.

В реке Лесной Воронеж преобладали водоросли родов *Pinnularia*, *Synedra* и *Navicula*. В реке Кашме наблюдалась наибольшая численность диатомей таких родов, как *Pinnularia*, *Diatoma* и *Cymbella*.

Большинство обнаруженных видов диатомовых водорослей относятся к β -мезосапробным, также встречаются олигосапробные (*Amphora*, *Pinnularia*) и β - и α -мезосапробные (*Navicula cryptocephala*).

Отдел *Chlorophyta* (Зеленые водоросли) – самый большой по количеству видов и морфологически разнообразный отдел водорослей. Они встречаются по всему земному шару в пресных и морских водоемах, некоторые живут вне воды. В исследуемых водоемах обнаружено 5 родов одноклеточных водорослей отдела *Chlorophyta*. Наибольшее биоразнообразие отмечается для рек Большой Ломовис и Кашма, а в р. Вороне найден только один род *Closterium* в единичных экземплярах (см. табл. 1).

Все найденные роды относились к четырём порядкам.

1. Десмидиевые (*Desmidiiales*) – одноклеточные организмы, состоящие из двух равных половинок – полуклеток, представлен одним родом Клостериум (*Closterium*). Это пресноводная бентосная водоросль, требующая хорошего освещения, обитает в небольших водоемах, прудах, тихих заводях рек и в обрастаниях подводных предметов. Клостериум любит чистую воду, но переносит органические загрязнения, а порой встречается и в сточных водах.

2. Хлорококковые (*Chlorococcales*) включал 2 рода: хлорелла (*Chlorella*) и брактеококкус (*Bracteacoccus*).

3. Хламидомонадовые (*Chlamydomonadales*), род Хлоромонас (*Chloromonas*).

4. Вольвоксовые (*Volvocales*), род Гониум (*Gonium*).

Одноклеточные зеленые водоросли выполняют функцию реабилитации водоемов [18]. Установлено бактериостатическое действие *Chlorella vulgaris* на микрофлору сточной воды [19]. Хламидомонас является санитаром загрязненных вод и вызывает активацию самоочищения. Также показано подавление сине-зеленых водорослей хлореллой [20]. Соответственно, реки Кашма и Большой Ломовис обладают хорошим резервом для самоочищения.

Сине-зеленые водоросли примитивны по своей организации. Они в основном являются одноклеточными организмами, обычно соединяющимися в колонии. У некоторых клетки соединены в ценобии, давая внешнюю картину многоклеточности. Сине-зеленые водоросли способны к синтезу углеводов, но используют также и распадающиеся органические вещества, живут преимущественно в водоемах, богатых органическими соединениями, и вызывают цветение воды.

Во всех исследуемых водоемах обнаружены водоросли класса Гормогониофициевые (*Hormogoniophyceae*), порядка Осцилляториальные (*Oscillatoriales*), рода *Oscillatoria*, причем в р. Кашме это были единичные экземпляры. В реке Вороне встречались также водоросли данного класса, относящиеся к роду *Anabaena* (порядок Ностокальные (*Nostocales*)), а в р. Лесной Воронеж – род *Holopedia* (порядок Хроококковые (*Chroococcales*)) (см. табл. 1).

Таким образом, в реках Ворона и Лесной Воронеж наблюдается преобладание цветения воды. Возможно, это связано с более высокой антропогенной нагрузкой на данные водоемы. В то же время в этих реках невысокая численность зеленых водорослей, что указывает на проблемы с самоочищением.

Эвгленовые водоросли – один из немногих отделов водорослей, организация представителей которого ограничена в основном монадной структурой. К ним относятся микроскопические одноклеточные организмы, снабженные одним или двумя жгутами и активно двигающиеся. Эвгленовые водоросли отличаются от других отделов водорослей чисто зеленой окраской хроматофоров, содержащих хлорофиллы *a* и *b*, каротин и ксантофилл. Живут эвгленовые водоросли преимущественно в небольших пресных водоемах, богатых органическими веществами, где могут питаться миксотрофно, то есть путем фотосинтеза и усвоения растворенных в воде органических веществ.

В исследуемых водоемах найдены всего два рода данного отдела: Факус (*Phacus*) и Эвглена (*Euglena*) (см. табл. 1).

Эвглена является полисапробом и живет в очень загрязненных водах, однако численность ее в р. Большой Ломовис невысока, что говорит о точечном загрязнении. Факус – типичный β -мезасапроб.

В результате проведенных исследований сделаны следующие выводы.

1. В составе проб фитопланктона исследуемых рек обнаружено 25 таксонов водорослей. Из них зеленых – 5 видов, диатомовых – 15, синезеленых – 3, эвгленовых – 2. Подавляющее большинство выявленных водорослей относится к организмам-индикаторам β -мезосапробной зоны.

2. В исследуемых водоемах доминирующее положение занимает отдел *Bacillariophyta*. Видами-доминантами выступили *Pinnularia viridis* и *Synedra acus*.

3. Количественное развитие фитопланктона рек имело широкую амплитуду колебаний. Реки Ворона и Лесной Воронеж характеризуются наиболее низким видовым разнообразием и количественным составом.

4. По видам-индикаторам органического загрязнения вода исследуемых рек относится к β -мезосапробной степени сапробности, характеризуется удовлетворительным качеством, что соответствует требованиям, предъявляемым к водоемам рекреационного характера.

В исследованных реках наблюдается типичная структура осеннего фитопланктона с преобладанием диатомовых водорослей (*Bacillariophyta*). В реках Большой Ломовис (с. Новгородовка) и Кашма (с. Пичаево) хорошо представлены одноклеточные зеленые водоросли, выполняющие функцию реабилитации водоемов. Соответственно, вышеназванные водоемы обладают хорошим резервом для самоочищения. В реках Лесной

Воронеж (с. Епанчино) и Ворона (г. Уварово) наблюдается преобладание сине-зеленых водорослей, что отражает более высокую вероятность цветения воды. Возможно, это связано с повышенной антропогенной нагрузкой на данные водоемы. В то же время в данных реках невысокая численность зеленых водорослей, что указывает на проблемы с самоочищением водоемов. В целом, судя по бионидикаторным видам водорослей, состояние всех исследуемых водоемов удовлетворительное, и они могут использоваться для бытовых и рекреационных нужд.

Список литературы

1. РД 52.24.564-96 Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. Метод оценки загрязненности пресноводных экосистем по показателям развития фитопланктонных сообществ [Электронный ресурс] // Росгидромет. – Режим доступа : http://atis-ars.ru/txt/?mode=ajag§ion_id=43&namefile=%D0%A0%D0%94%2052.24.564-96.html (дата обращения: 16.04.2019).
2. Вислянская, И. Г. Фитопланктон / И. Г. Вислянская // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. – Л. : Наука, 1990. – С. 183 – 192.
3. Вислянская, И. Г. Фитопланктон / И. Г. Вислянская // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По материалам мониторинга 1992 – 1997 гг. – Петрозаводск : Карельский НЦ РАН, 1998. – С. 57 – 60.
4. Трифонова, И. С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона / И. С. Трифонова. – Л. : Наука, 1990. – 184 с.
5. Деревенская, О. Ю. Трофические взаимоотношения фито- и зоопланктона в карстовых озерах / О. Ю. Деревенская, О. В. Палагушкина, Н. М. Мингазова // Теоретическая и прикладная экология. – 2012. – № 3. – С. 84 – 89.
6. Трифонова, И. С. Состав и продуктивность фитопланктона разнотипных озер Карельского перешейка / И. С. Трифонова. – Л. : Наука, 1979. – 168 с.
7. Трифонова, И. С. Структура и динамика биомассы фитопланктона / И. С. Трифонова, А. Л. Петрова // Особенности структуры экосистем озер Крайнего Севера : на примере озер Большеземельской тундры. – СПб. : Наука, 1994. – С. 80 – 109.
8. Белевич, Т. А. Продукционные характеристики фитопланктона Белого моря в зависимости от источника азота / Т. А. Белевич // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера : материалы XXVIII Междунар. конф., 5 – 8 октября 2009 г., Петрозаводск. – Петрозаводск, 2009. – С. 75 – 80.
9. Барина, С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С. С. Барина, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – Тель-Авив : Pilies Studio, 2006. – 498 с.
10. Водоросли. Справочник / отв. ред. С. П. Вассер. – Киев : Наукова Думка, 1989. – 608 с.
11. Давыдова, Н. Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене / Н. Н. Давыдова ; отв. ред. И. С. Трифонова. – Л. : Наука, 1985. – 244 с.
12. Смирнова, А. В. Оценка экологического состояния и гидрохимического режима малых рек Северо-Западного региона / А. В. Смирнова // Региональная экология. – 1999. – № 1-2. – С. 59 – 61.
13. Мидоренко, Д. А. Мониторинг водных ресурсов : учеб. пособие / Д. А. Мидоренко, В. С. Краснов. – Тверь : Тверской гос. ун-т, 2009. – 77 с.
14. Методические рекомендации по сбору и обработке материала при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. – Л. : ГосНИОРХ, 1983. – 51 с.

15. Голлербах, М. М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. Синезеленые водоросли / М. М. Голлербах, Е. К. Косинская, В. И. Полянский. – М. : Советская наука, 1953. – 650 с.
16. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли / М. М. Забелина [и др.]. – М. : Советская наука, 1951. – 618 с.
17. Макрушин, А. В. Биологический анализ качества вод / А. В. Макрушин ; под ред. Г. Г. Винберга. – Л. : [б. и.], 1974. – 60 с.
18. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. – СПб. : Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
19. Богданов, Н. И. Концепция очистки сточных вод / Н. И. Богданов // Окружающая природная среда и медицинская экология : сб. материалов. – Пенза, 2001. – С. 109 – 110.
20. Богданов, Н. И. Биологическая реабилитация водоемов / Н. И. Богданов. – 3-е изд., доп. и перераб. – Пенза : РИО ПГСХА, 2008. – 126 с.

References

1. http://atis-ars.ru/txt/?mode=ajar§ion_id=43&namefile=%D0%A0%D0%94%2052.24.564-96.html (accessed 16 April 2019).
2. Vislyanskaya I.G. *Ekosistema Onezhskogo ozera i tendentsii yeye izmeneniya* [Onezhskogo Lake Ecosystem and Tendencies of Its Change], Leningrad: Nauka, 1990, pp. 183-192. (In Russ.)
3. Vislyanskaya I.G. *Sovremennoye sostoyaniye vodnykh ob'yektov Respubliki Kareliya. Po materialam monitoringa 1992 – 1997 gg.* [Modern condition of water bodies of the Republic of Karelia. According to the monitoring materials of 1992-1997], Petrozavodsk: Karel'skiy NTS RAN, 1998, pp. 57-60. (In Russ.)
4. Trifonova I.S. *Ekologiya i suksessiya ozernogo fitoplanktona* [Ecology and succession of lake phytoplankton], Leningrad: Nauka, 1990, 184 p. (In Russ.)
5. Derevenskaya O.Yu., Palagushkina O.V., Mingazova N.M. [Trophic interrelations of phyto- and zooplankton in karst lakes], *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* [Theoretical and applied ecology], 2012, no. 3, pp. 84-89. (In Russ.)
6. Trifonova I.S. *Sostav i produktivnost' fitoplanktona raznotipnykh ozer Karel'skogo peresheyka* [Composition and productivity of phytoplankton of lakes of different types on the Karelian Isthmus], Leningrad: Nauka, 1979, 168 p. (In Russ.)
7. Trifonova I.S., Petrova A.L. *Osobennosti struktury ekosistem ozer Kraynego Severa: na primere ozer Bol'shezemel'skoy tundry* [Features of the ecosystem structure of the lakes of the Extreme North: the example of the Bolshezemel'skaya tundra lakes], St. Petersburg: Nauka, 1994, pp. 80-109. (In Russ.)
8. Belevich T.A. *Biologicheskiye resursy Belogo morya i vnutrennikh vodoyemov Yevropeyskogo Severa: materialy XXVIII Mezhdunarodnoy konferentsii* [Biological resources of the White Sea and inland waters of the European North: proceedings of the XXVIII International Conference], 5-8 October, 2009, Petrozavodsk, 2009, pp. 75-80. (In Russ.)
9. Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. *Bioraznoobraziye vodorosley-indikatorov okruzhayushchey sredy* [Biodiversity of environmental algae-indicators], Tel'-Aviv: Pilies Studio, 2006, 498 p. (In Russ.)
10. Vasser S.P. [Ed.] *Vodorosli. Spravochnik* [Algae. Handbook], Kiev: Naukova Dumka, 1989, 608 p. (In Russ.)
11. Davydova N.N., Trifonova I. S. [Ed.] *Diatomovyye vodorosli – indikatory prirodnykh usloviy vodoyemov v golotsene* [Diatom Algae – indicators of the natural conditions of water bodies in the Holocene], Leningrad: Nauka, 1985, 244 p. (In Russ.)
12. Smirnova A.V. [Assessment of the ecological status and hydrochemical regime of small rivers in the North-Western region], *Regional'naya ekologiya* [Regional Ecology], 1999, no. 1-2, pp. 59-61. (In Russ.)

13. Midorenko D.A., Krasnov V.S. *Monitoring vodnykh resursov: uchebnoye posobiye* [Water resources monitoring: study guide], Tver': Tverskoy gosudarstvennyy universitet, 2009, 77 p. (In Russ.)

14. *Metodicheskiye rekomendatsii po sboru i obrabotke materiala pri gidro-biologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoyemakh. Zoobentos i yego produktsiya* [Methodical recommendations on the collection and processing of material in hydro-biological studies on freshwater bodies of water. Zoobenthos and its products], Leningrad: GosNIORKH, 1983, 51 p. (In Russ.)

15. Gollerbakh M.M., Kosinskaya Ye.K., Polyanskiy V.I. *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR. Vyp. 2. Sinezelenyye vodorosli* [The determinant of freshwater algae of the USSR. Issue 2. Blue-green algae], Moscow: Sovetskaya nauka, 1953, 650 p. (In Russ.)

16. Zabelina M.M., Kiselev I.A., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova V.S. *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR. Vyp. 4. Diatomovyye vodorosli* [Key to freshwater algae of the USSR. Issue 4. Diatoms], Moscow: Sovetskaya nauka, 1951, 618 p. (In Russ.)

17. Makrushin A.V., Vinberg G.G. [Ed.] *Biologicheskiy analiz kachestva vod* [Biological analysis of water quality], Leningrad: [b. i.], 1974, 60 p. (In Russ.)

18. Abakumova V.A. [Ed.] *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem* [Guide to hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems], St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992, 318 p. (In Russ.)

19. Bogdanov N.I. *Okruzhayushchaya prirodnyaya sreda i meditsinskaya ekologiya: sbornik materialov* [Surrounding natural environment and medical ecology: a collection of materials], Penza, 2001, pp. 109-110. (In Russ.)

20. Bogdanov N.I. *Biologicheskaya rehabilitatsiya vodoyemov* [Biological rehabilitation of water bodies], Penza: RIO PGSKHA, 2008, 126 p. (In Russ.)

Indicators of Autumn Phytoplankton Development in the Tambov Region Rivers in the Biological Quality Control of Water

E. V. Malysheva, I. V. Yakunina, T. N. Kiseleva, T. V. Logina

G. R. Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russia;
Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Keywords: biological method for assessing water quality; bioindicator species; saprobic zone; self-cleaning of water bodies; phytoplankton.

Abstract: The analysis of the species and taxonomic diversity of phytoplankton communities was carried out for some rivers of the Tambov region. Methods of biological assessment of water quality in determining the degree of saprobity of water bodies are considered. In the course of the research, water bodies with a good reserve for self-cleaning were identified.

© E. В. Мальшева, И. В. Якунина,
Т. Н. Киселева, Т. В. Логина, 2019