

УДК 582.261.1:574.632

Н. М. Матусевич

канд. биол. наук, доц., доц. каф. ботаники и экологии
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
e-mail: NMMatusevich@yandex.ru

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ БОЛЬШИЕ И МАЛЫЕ СОИ МЕТОДОМ АЛЬГОИНДИКАЦИИ

Изучен состав альгофлоры водохранилищ Большие и Малые Сои и установлено, что она представлена 16 родами водорослей, которые принадлежат 4 отделам, 6 классам, 7 порядкам, 11 семействам. Лидирующее положение занимают диатомовые водоросли (70,59 % от общего числа выявленных представителей), суммарное родовое разнообразие отделов Cyanophyta, Chlorophyta и Xanthophyta составило 29,41 % общего состава альгофлоры. Проведены необходимые математические расчеты, на основании которых установлено, что данные водохранилища принадлежат к β -мезосапробному водоему с показателями умеренного, естественного загрязнения (индекс сапробности = 1,895).

MATUSEVICH N. M.

ASSESSMENT OF THE STATE OF RESERVOIRS BIG AND SMALL SOI BY THE METHOD OF ALGOINDICATION

The composition of the algal flora of the reservoirs Big and Small Soi was studied and it was found that it is represented by 16 genera of algae, which belong to 4 divisions, 6 classes, 7 orders, 11 families. The leading position is occupied by diatoms (70.59 % of the total number of identified representatives), the total generic diversity of the divisions Cyanophyta, Chlorophyta, and Xanthophyta was 29.41 % of the total composition of the algal flora. The necessary mathematical calculations were carried out, on the basis of which it was established that these reservoirs belong to a β -mesosaprobic reservoir with indicators of moderate, natural pollution (saprobity index = 1.895).

Введение

Природные водоемы постоянно испытывают огромную антропогенную нагрузку при загрязнении промышленными, коммунально-бытовыми, сельскохозяйственными и ливневыми стоками из населенных мест.

Биоиндикация качества воды в водоемах проводится по видовому разнообразию и обилию водорослей [1]. Определение разнообразия водорослей позволяет установить экологическое состояние водоема, степень и тип загрязнения и пути его распространения в водной среде. Загрязнение органическими веществами выражается в смене видового состава и изменении соотношения различных экологических групп водорослей [2]. Экологическая оценка степени загрязненности водоемов основана на учете количества присутствующего в воде органического вещества в разных его формах.

Сапробность – биологическое состояние водоема, определяемое концентрацией органических веществ и интенсивностью процессов их разложения [3; 4].

Водоросли как биоиндикаторы имеют ряд преимуществ:

- 1) относительно легко идентифицируются до вида;
- 2) быстро реагируют на изменение условий;
- 3) их фототрофы сходны с высшими растениями по реакции на состояние воды;
- 4) культивирование отличается простотой.

Для оценки уровня загрязнения водных объектов органическим веществом создана система сапробности, позволяющая разделить водные объекты и их отдельные участки на зоны (ксено-, олиго-, α -мезо, β -мезо и полисапробную). Понятие сапробности приближается к значению эвтрофикации, т. к. включает трофическую характеристику, а с другой стороны, сапробность близка к токсичности или загрязненности и ха-

рактирует действие в среде отрицательных факторов (дефицит или отсутствие кислорода, продукты разложения органики и т. д.) [4].

Для полной биологической диагностики водоема должны быть учтены все сообщества: перифитон, бентос, планктон, плейстон, нектон. Зоны сапробности выделяют по различной степени разложения органического вещества. От чистого водоема к загрязненному увеличивается индекс сапробности водоема: ксеносапробные – 0–0,05 → олигосапробные – 0,51–1,50 → бета-мезосапробные – 1,51–2,50 → альфа-мезосапробные – 2,51–3,50 → полисапробные – 3,51–4,0 [5].

Таким образом, от состава индикаторных форм и степени их количественного развития водорослей зависит качество и биологическая продуктивность воды в водоемах, как естественных, так и искусственно созданных. Водоросли используются при мониторинге состояния качества воды, особенно за уровнем загрязнения водоемов различными химическими веществами. Наблюдение качества водоемов является приоритетным для обеспечения возможности интегральной оценки состояния водной среды, подвергающейся влиянию антропогенных факторов. Оно позволяет получить объективные экологические показатели, которые помогают составить прогноз долгосрочных изменений в водных экосистемах [6].

Водохранилища Большие и Малые Сои являются ландшафтообразующими и экологическими объектами г. Бреста. На сегодняшний день оценка состояния данной водной экосистемы имеет большое значение с научной и практической точки зрения. Использование методов альгоиндикации как части биомониторинга позволяет оценить качество водной среды, возможную степень и характер ее загрязнения. Целью нашей работы было установление таксономического состава альгофлоры и состояния водохранилищ Большие и Малые Сои.

Материала и методы исследования

В работе использованы результаты исследований, которые проводились в период с мая 2019 по май 2020 г. Объектами исследования явились представители альгофлоры водохранилищ Большие и Малые Сои. Отбор проб осуществлялся в поверхностных слоях воды, в толще, на дне, в обрастаниях погруженных в воду сооружений, на вышших прибрежных и водных растениях по общепринятым методам сбора [7].

Для определения систематического состава водорослей были использованы соответствующие определители и справочники [8; 9]. Сводный список водорослей составляли в соответствии с «Таксономическим каталогом» Т. М. Михеевой [10].

Сапробиологическая оценка водорослей дана по работам А. М. Макрушина, А. П. Садчикова и др. [11; 12]. Экологический анализ альгофлоры проводили с использованием данных С. С. Бариновой [6].

Сапробность водохранилища Большие и Малые Сои устанавливалась с учетом частоты встречаемости индикатора по 9-балльной шкале и индекса сапробности индикатора по формуле Пантле – Букка в модификации Сладечека [5]:

$$S = \frac{\sum (sh)}{\sum (h)},$$

где S – сапробность водоема, s – индекс сапробности индикатора, h – численность индикатора или частота встречаемости (определялась по следующей шкале в поле зрения микроскопа): 9 – очень часто (особей много); 7 – часто; 5 – нередко, но не во всех полях зрения микроскопа; 3 – редко, в немногих полях зрения; 2 – очень редко (единичны); 1 – единично (единичные представители в пробе).

Индекс сапробности указывают с точностью до 0,01.

Для ксеносапробной зоны он находится в пределах 0–0,50; олигосапробной – 0,51–1,50; β-мезосапробной – 1,51–2,50; α-мезосапробной – 2,51–3,50; полисапробной – 3,51–4,00.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате отбора проб, их обработки и анализа альгофлоры водохранилищ Большие и Малые Сои было определено 16 родов водорослей, которые принадлежат к 4 отделам, 6 классам, 7 порядкам, 11 семействам (таблица 1).

Таблица 1. – Таксономический состав альгофлоры водохранилищ Большие и Малые Сои

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род
<i>Cyanophyta</i>	<i>Chroococcophyceae</i>	<i>Chroococcales</i>	<i>Microcystidaceae</i> Elenk.	<i>Microcystis</i> (Kütz.) Elenk.
	<i>Hormogoniophyceae</i>	<i>Oscillatoriales</i>	<i>Oscillatoriaceae</i> (Kirchn.) Elenk. s. strict.	<i>Oscillatoria</i> Vauch.
<i>Chlorophyta</i>	<i>Siphonocladophyceae</i>	<i>Cladophorales</i>	<i>Cladophoraceae</i> (Hass.) Cohn	<i>Cladophora</i> Kütz.
	<i>Conjugatophyceae</i>	<i>Zygnematales</i>	<i>Zygnemaceae</i> Kütz.	<i>Spirogyra</i> Link.
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Pennatophyceae</i>	<i>Araphales</i>	<i>Fragilariaceae</i> (Kütz.) D. T.	<i>Asterionella</i> Hassal
				<i>Fragilaria</i> Lyngb.
				<i>Synedra</i> Ehr.
		<i>Raphales</i>	<i>Nitzschiaceae</i> Grun.	<i>Nitzschia</i> Hass.
				<i>Bacillaria</i> Gmelin
			<i>Naviculaceae</i> Kütz.	<i>Navicula</i> Bory
				<i>Pinnularia</i> Ehr.
			<i>Stauroneidaceae</i> D. C. Mann	<i>Craticula</i> Grunow
			<i>Cymbellaceae</i> (Kütz.) Grun.	<i>Cymbella</i> Ag.
				<i>Encyonema</i> Kütz.
<i>Gomphonemataceae</i> (Kütz.) Grun.	<i>Gomphonema</i> Ehr.			
<i>Xanthophyta</i>	<i>Xanthophyceae</i>	<i>Heterococcales</i>	<i>Sciadiaceae</i> Pascher	<i>Centritractus</i> Lemm.

Наиболее многочисленным в родовом плане является класс *Pennatophyceae* – 11 родов, которые принадлежат 6 семействам и 2 порядкам.

Значительно менее многочисленными являются классы *Chroococcophyceae* – 1 род (принадлежит 1 семейству, 1 порядку); *Hormogoniophyceae* – 1 род (принадлежит 1 семейству, 1 порядку); *Siphonocladophyceae* – 1 род (принадлежит 1 семейству, 1 порядку); *Conjugatophyceae* – 1 род (принадлежит 1 семейству, 1 порядку) и *Xanthophyceae* – 1 род (принадлежит 1 семейству, 1 порядку) (таблица 2).

Таблица 2. – Количественный состав альгофлоры водохранилищ Большие и Малые Сои

Отдел	Класс	Количество		
		порядок	семейство	род
<i>Cyanophyta</i>	<i>Chroococcophyceae</i>	1	1	1
	<i>Hormogoniophyceae</i>	1	1	1
<i>Chlorophyta</i>	<i>Siphonocladophyceae</i>	1	1	1
	<i>Conjugatophyceae</i>	1	1	1
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Pennatophyceae</i>	2	6	11
<i>Xanthophyta</i>	<i>Xanthophyceae</i>	1	1	1
Общее количество	6	7	11	16

В процентном соотношении по обилию представители отдела *Bacillariophyta* составили 70,59 %, *Cyanophyta* – 11,76 %, *Chlorophyta* – 11,76 %, *Xanthophyta* – 5,89 % (таблица 3).

Таблица 3. – Обилие альгофлоры водохранилищ Большие и Малые Сои

Отдел	Род, количество	% от общего числа представителей родов
<i>Cyanophyta</i>	2	11,76
<i>Chlorophyta</i>	2	11,76
<i>Bacillariophyta</i>	11	70,59
<i>Xanthophyta</i>	1	5,89
Всего	16	100

Сравнительный анализ таксономической структуры альгофлоры выявил преобладание диатомовых водорослей (70,59 % от общего числа выявленных представителей), суммарное родовое разнообразие отделов *Cyanophyta*, *Chlorophyta* и *Xanthophyta* составило 29,41 % общего состава альгофлоры.

Таким образом, для водохранилищ Большие и Малые Сои характерно высокое относительное обилие диатомовых (*Bacillariophyta*) водорослей. Экологические системы как еще более высокий уровень организации, включают в себя в качестве взаимодействующих элементов не только водоросли как живые компоненты, но и среду их обитания, выраженную через гидрохимические и гидрофизические показатели. Таким образом, структурные характеристики водорослей могут выступать в качестве показателей характера действия комплекса факторов, интенсивности их влияния на водную экосистему [6] (таблица 4).

В исследуемых водоемах экологические группы водорослей согласно сапробной значимости водорослей по Т. Я. Ашихминой [13] представлены следующими таксонами: олигосапробионты – *Cymbella* Ag., α - β -мезосапробионты – *Asterionella* Hassal, *Fragilaria* Lyngb., β -мезосапробионты – *Cladophora* Kütz., *Pinnularia* Ehr., *Spirogyra* Link., *Synedra* Ehr., α - β -мезосапробионты – *Navicula* Bory, *Craticula* Grunow, α -мезосапробионты – *Nitzschia* Hass. Наиболее часто встречающимися являются представители рода *Fragilaria* Lyngb., *Cladophora* Kütz., *Navicula* Bory, *Spirogyra* Link.

Таблица 4. – Гидрохимические и гидрофизические показатели водорослей-индикаторов

Таксон	Г	Эко	Гал	pH	s
<i>Cyanophyta</i>					
<i>Microcystis</i> (Kütz.) Elenk.	k	P	i	–	β
<i>Oscillatoria</i> Vauch.	k	P–B	hl	–	α
<i>Chlorophyta</i>					
<i>Cladophora</i> Kütz.	k	–	–	–	β
<i>Spirogyra</i> Link.	–	P	–	–	β

Окончание таблицы 4

<i>Bacillariophyta</i>					
<i>Asterionella</i> Hassal	–	P	–	–	о–β
<i>Fragilaria</i> Lyngb.	k	P–B	–	alf 7,2	о–β
<i>Synedra</i> Ehr.	k	B	–	–	β
<i>Encyonema</i> Kütz.	k	B	–	–	–
<i>Gomphonema</i> Ehr.	–	–	i	alf	β
<i>Nitzschia</i> Hass.	–	P–B	–	–	α
<i>Bacillaria</i> Gmelin	k	B	–	–	–
<i>Navicula</i> Bory	k	B	i	ind	β–α
<i>Pinnularia</i> Ehr.	k	B	2,1	ind	β
<i>Craticula</i> Grunow	k	B	i	–	β–α
<i>Cymbella</i> Ag.	b	B	i	–	о
<i>Xanthophyta</i>					
<i>Centrtractus</i> Lemm.	–	P	–	–	–

Примечание – Г – географическая приуроченность: к – космополит, b – бореальный, a – аркто-альпийский; Эко – местообитание: P – планктонные, P-B – планктонно-бентосные, B – бентосные; Гал – галобность: oh – олигогалоб, hl – галофил, i – индифферент, hb – галофоб, th – мезогалоб; pH – pH приуроченность: acf – ацидофил, ind – индифферент, alf – алкаифил, alb – алкалибионт; s – сапробный индекс вида: k – ксеносапробный организм, O – олигосапробный организм, β – бета-мезосапробные организмы, α – альфа-мезосапробные организмы, ρ – полисапробные организмы; «–» – информация не найдена.

Сапробность водохранилищ Большие и Малые Сои устанавливалась с учетом частоты встречаемости индикатора по 5-балльной шкале и индекса сапробности индикатора по формуле Пантле – Букка в модификации Сладечека [5].

$$S = \frac{\sum(sh)}{\sum(h)} = \frac{75,8}{40} = 1,895,$$

где S – сапробность водохранилища, s – индекс сапробности индикатора, h – частота встречаемости индикатора (таблица 5).

Таблица 5. – Сапробиологическая оценка водорослей

Водоросли	s	i	Зона сапробности
<i>Microcystis</i> (Kütz.) Elenk.	1,75	3	β
<i>Oscillatoria</i> Vauch.	3,10	2	α
<i>Cladophora</i> Kütz.	1,65	4	β
<i>Spirogyra</i> Link.	1,40	4	β
<i>Asterionella</i> Hassal	1,40	3	о–β
<i>Fragilaria</i> Lyngb.	1,40	4	о–β
<i>Synedra</i> Ehr.	1,85	3	β
<i>Encyonema</i> Kütz.	–	–	–
<i>Gomphonema</i> Ehr.	1,70	4	β
<i>Nitzschia</i> Hass.	2,75	2	α
<i>Bacillaria</i> Gmelin	–	–	–
<i>Navicula</i> Bory	2,60	4	β–α
<i>Pinnularia</i> Ehr.	2,10	4	β
<i>Craticula</i> Grunow	–	–	α–β
<i>Cymbella</i> Ag.	1,90	3	β
<i>Centrtractus</i> Lemm.	–	–	–

Примечание – s – сапробный индекс рода, i – индикаторное значение рода в пределах 1–5, «–» – информация не найдена.

Заклучение

В результате проведенных исследований было установлено, что альгофлора водохранилищ Большие и Малые Сои представлена 16 родами водорослей, которые принадлежат к 4 отделам, 6 классам, 7 порядкам, 11 семействам. По количественному составу лидирующее положение занимают диатомовые водоросли (70,59 % от общего числа выявленных представителей родов), суммарное численное разнообразие отделов *Cyanophyta*, *Chlorophyta* и *Xanthophyta* составило 29,41 % общего состава альгофлоры. Наиболее многочисленными явились представители класса *Pennatophyceae*. В отделе *Bacillariophyta* преобладают представители порядков *Raphales* (36,37 % от общего числа представителей в отделе) и *Araphales* (27,2 %).

По отношению к географической приуроченности в значительной степени преобладают космополиты (8 родов) и лишь 1 род относится к бореальному.

Среди выявленных таксонов 4 рода (25 %) являются планктонными, 7 родов (43,8 %) – бентосными, 3 рода (18,74 %) – планктонно-бентосными; для двух родов (12,5 %) информации не найдено.

Индикаторами по отношению к концентрации солей выступают 7 родов, из которых 5 относятся к индифферентам, галлофил представлен 1 родом (род *Oscillatoria* Vauch.). По приуроченности к рН среде 2 рода относятся к индифферентам и 2 рода – к алкалифилам;

По зонам сапробности таксоны распределились следующим образом: 37,5 % (6 родов) представлены β-мезосапробионтами, по 12,5 % (3 рода) приходится на олиго-β-сапробионтов, β-α-мезосапробионтов, α-мезосапробионтов и 6,25 % (1 род) на олиго-сапробионтов.

Анализ состава альгофлоры, проведение необходимых математических расчетов свидетельствуют о принадлежности водохранилищ Большие и Малые Сои к β-мезосапробному водоему с показателями умеренного естественного загрязнения (индекс сапробности = 1,895).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чеснокова, С. М. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды : учеб. пособие : в 2 ч. / С. М. Чеснокова. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – Ч. 1 : Методы биоиндикации. – 84 с.
2. Ляшенко, О. А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды : учеб. пособие / О. А. Ляшенко. – СПб. : СПбГТУРП, 2012. – 67 с.
3. Применение биотестирования для оценки состояния водных объектов / Н. М. Гайворонская [и др.] // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. науч. тр. – М. : РУДН, 2004. – Вып. 6, ч. 4. – 428 с.
4. Мелехова, О. П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О. П. Мелехова, Е. И. Егорова, Т. И. Евсеева ; под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. – М. : Академия, 2007. – 288 с.
5. Булохов, А. Д. Экологическая оценка среды методами фитоиндикации / А. Д. Булохов. – Брянск : Брян. гос. ун-т, 1996. – 104 с.
6. Баринава, С. С. Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды / С. С. Баринава, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – М. : ВНИИ природы. – 2000. – 150 с.
7. Сборник классических методов гидробиологических исследований для использования в аквакультуре / Г. К. Плотников [и др.]. – Даугавпилс : Сауле, 2017. – 282 с.
8. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР / Л. В. Гарибова [и др.] ; под общ. ред. М. В. Горленко. – М. : Мысль, 1978. – 365 с.
9. Водоросли : справочник / С. П. Вассер [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1989. – 608 с.

-
10. Михеева, Т. М. Альгофлора Беларуси : таксоном. кат. / Т. М. Михеева. – Минск : БГУ, 1999. – 396 с.
 11. Макрушин, А. В. Биологический анализ качества вод / А. В. Макрушин ; под ред. Г. Г. Винберга. – Л., 1974. – 60 с.
 12. Методы изучения пресноводного планктона : метод. рук. / под ред. А. П. Садчикова. – М. : Ун-т и шк., 2003. – 157 с.
 13. Экологический мониторинг : учеб.-метод. пособие / под ред. Т. Я. Ашихминой. – М. : Академ. проект, 2006. – 416 с.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 20.05.2020