

## Сравнительные исследования альгофлоры на различных участках поймы Юмагузинского водохранилища

### Comparative studies of algal flora in various areas of the floodplain of the Yumaguzinsky reservoir

Шарипова М. Ю., Дубовик И. Е.

Sharipova M. Yu., Dubovik I. E.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия. E-mails: sharipovamy@mail.ru; dubovikie@mail.ru  
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

**Реферат.** Проведены исследования альгофлоры на различных участках поймы Юмагузинского водохранилища (Республика Башкортостан), поскольку сохранение биоразнообразия прибрежно-водных экосистем является одной из важных задач природоохранных мероприятий. Образцы почв отбирали под синантропной, луговой и лесной растительностью. Альгофлора участков различалась по количеству видов, составу доминантного комплекса, активности видов и спектрам жизненных форм. Выявлено большое видовое разнообразие альгофлоры из 3 отделов, 5 классов, 8 порядков, 18 семейств, 30 родов и 61 видовых и внутривидовых таксонов. Доминировали представители отделов Cyanobacteria и Chlorophyta и (33 и 20 видовых и внутривидовых таксонов соответственно), ведущие семейства – Phormidiaceae и Nostocaceae. Спектр экобиоморф альгофлоры включал 8 жизненных форм: на участках с синантропной растительностью  $P_{11}CF_7Ch_7B_6M_6amph_2Hydr_1$ , луговой –  $P_{11}Ch_{10}CF_5B_3M_3NF_1hydr_1amph_1$ , лесной –  $B_5CF_4Ch_3NF_1PF_1P_1hydr_1$ . Максимальное значение коэффициента ксерофильности зафиксировано под синантропной растительностью – 0,42, коэффициента гидрофильности – под лесной растительностью – 0,4. Анализ динамики изменения основных таксонов почвенных водорослей за летний период показал, что самый богатый видовой состав был выявлен в июле – августе, и количество водорослей на всех участках оказалось максимальным. Количественное и качественное соотношение всех отделов водорослей относительно постоянное, изменения в соотношениях незначительны.

**Ключевые слова.** Альгофлора, биоразнообразие, водохранилище, жизненная форма, экотон.

**Summary.** Studies of algal flora were carried out in various areas of the floodplain of the Yumaguzinsky Reservoir (Republic of Bashkortostan), since the preservation of the biodiversity of coastal aquatic ecosystems is one of the important tasks of environmental protection measures. Soil samples were taken under synanthropic, meadow and forest vegetation. The algal flora of the sites differed in the number of species, the composition of the dominant complex, the activity of species and the spectrum of life forms. A large species diversity of algal flora was revealed from 3 divisions, 5 classes, 8 orders, 18 families, 30 genera and 61 species and infraspecific taxa. Representatives of the departments Cyanobacteria and Chlorophyta dominated (33 and 20 species and infraspecific taxa, respectively), the leading families being Phormidiaceae and Nostocaceae. The range of ecobiomorphs of algal flora included 8 life forms: in areas with synanthropic vegetation  $P_{11}CF_7Ch_7B_6M_6amph_2Hydr_1$ , meadow –  $P_{11}Ch_{10}CF_5B_3M_3NF_1hydr_1amph_1$ , forest –  $B_5CF_4Ch_3NF_1PF_1P_1hydr_1$ . The maximum value of the xerophility coefficient was recorded under synanthropic vegetation – 0.42, the coefficient of hydrophilosity – under forest vegetation – 0.4. An analysis of the dynamics of changes in the main taxa of soil algae over the summer period showed that the richest species composition was revealed in July – August and the number of algae in all areas was maximum. The quantitative and qualitative ratio of all sections of algae is relatively constant, changes in the ratios are insignificant.

**Key words.** Algal flora, biodiversity, ecotone, life forms, reservoir.

Изучение структуры и функционирования прибрежно-водных экосистем является одной из важных задач сохранения биоразнообразия. Это связано с большой уязвимостью биотических компонентов водно-наземных экотонов к антропогенному воздействию, при котором они становятся местом быстрого развития деградационных процессов (Залетаев, 1997). Важнейшим компонентом биотических сообществ экотонных систем является видовой состав водорослей (Шарипова, 2006). Особенностью

велика их роль в водно-наземных экотонах. Речные поймы являются специфическими интразонально-зональными ландшафтами, для которых характерна быстрая изменяемость в пространстве и во времени. Большая практическая значимость пойм, занимающих почти 5 % территории республики, и возможность изучения целого ряда крупных теоретических проблем (формирование аллювиальных свит, почвообразовательный процесс, сукцессии растительного покрова) сделали заливаемые террасы речных долин объектом всестороннего изучения (Миркин, 1974).

Изучение почвенных водорослей поймы реки Белой проводилось в следующие несколько этапов: полевые исследования, камеральная обработка почвенных образцов и поверхностных разрастаний водорослей, анализ экспериментальных данных.

Образцы почв отбирались в Кугарчинском р-не Республики Башкортостан, у Юмагузинского водохранилища вниз по течению реки Белой в июне, июле, августе 2021 г. Всего было отобрано 48 проб с 18 участков по 6 трансектам от берега реки.

Синантропная растительность изученных участков представлена:

- 1) рудеральными сообществами высокорослых двулетних и многолетних видов;
- 2) сообществами однолетников, представляющих начальные стадии восстановительных сукцессий после нарушений;
- 3) сообществами низкорослых, устойчивых к вытаптыванию и выпасу мезофитов и гигрофитов вдоль дорог.

Луговая растительность представлена вторичными послелесными лугами умеренной зоны Евразии, формирующихся на месте широколиственных лесов.

Лесная растительность представлена:

- 1) пойменными прирусловыми ивово-тополевыми лесами и кустарниковыми сообществами;
- 2) мезофильными и мезоксерофильными широколиственными листвопадными лесами на богатых почвах в зоне умеренного климата.

На каждом участке отбиралось по 3 смешанные пробы, по трансекте от берега реки. Выявлялись изменения в видовом составе, обилии, доминантном комплексе почвенных водорослей. Для сравнения все исследованные участки поймы р. Белой были объединены по характеру высшей растительности:

1. Участки с синантропной растительностью (№ 1, 2, 3, 4, 6, 10, 11, 16, 17);
2. Участки с луговой растительностью (№ 5, 7, 8, 9, 12, 14, 15);
3. Участки с лесной растительностью (№ 13, 18).

Отбор проб и изучение видового и количественного состава альгофлоры проводили в соответствии с требованиями альгологических исследований (Шарипова, Дубовик, 2012) Определяли таксономическую принадлежность цианобактерий и водорослей и состав экобиоморф (жизненных форм). Последний определяли по классификации Э. А. Штиной (Штина, Голлербах, 1976; Шарипова, Дубовик, 2012).

Эколого-фитоценотическая организация альгоценозов оценивалась с использованием модифицированного коэффициента среды обитания (Шарипова, 2007):

$$K_{\text{гидрофильности}} = (C + amph. + hydr. + B + H + X) / N$$

$$K_{\text{ксерофильности}} = (P + M) / N,$$

где N – общее число видов в образце,

C, B, H, X, P, M, hydr., amph. – жизненные формы водорослей.

Также были подсчитаны встречаемость видов F и активность видов A:

$$F = n / N \cdot 100,$$

где, n – количество проб, в которых обнаружен вид, N – всего проб.

$$A = F \cdot X,$$

где F – встречаемость видов, X – баллы обилия.

Систематика цианобактерий и водорослей представлена в соответствии с AlgaeBase (Guiry M. D., Guiry G. M., 2024).

В результате исследования поймы р. Белой выявлен 61 таксон водорослей рангом ниже рода, относящихся к трем отделам, пяти классам, восьми порядкам, 18-ти семействам и 30-ти родам.

Отделом, доминирующим по числу видов, является Cyanobacteria (Cyanophyta), (54,1 %), затем Chlorophyta (32,8 %) и далее, с небольшим числом видов водорослей, отдел Bacillariophyta (13,1 %) (табл. 1).

Таблица 1

## Таксономический спектр, пропорции флоры и родовая насыщенность водорослей исследованных участков

Отдел	Число						Пропорции флоры			
	Классов	Порядков	Семейств	Родов	Видов	Видов и р/в	1	2	3	4
<i>Cyanobacteria</i>	1	2	7	13	30	33	1,9	4,2	4,7	2,5
<i>Chlorophyta</i>	3	4	7	11	20	20	1,5	2,8	2,8	1,8
<i>Bacillariophyta</i>	1	2	4	6	8	8	1,5	2	2	1,3
Всего	5	8	18	30	58	61	1,8	3,4	3,6	2

Примеч.: в пропорциях флоры: 1 – насыщенность семейств родами; 2 – семейств видами; 3 – семейств видами и разновидностями; 4 – насыщенность родов видами и разновидностями.

Это соотношение в целом соответствует результатам, полученным при исследовании прибрежных участков рекреационной зоны территории Национального парка «Башкирия» (Шарипова и др., 2007). Доминирующими отделами там также являются *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*. Основу видового разнообразия в обоих случаях формировал отдел *Cyanobacteria*. Однако по нашим исследованиям поймы Юмагузинского водохранилища на втором месте находятся представители отдела *Chlorophyta*, а на третьем – отдел *Bacillariophyta*. В то время как по результатам изучения прибрежной зоны Нугушского водохранилища на втором месте находится отдел *Bacillariophyta*, а на третьем – *Chlorophyta*.

Анализ показателей пропорций флоры представленных отделов показал, что самым богатым по таксономическому разнообразию является отдел *Cyanobacteria*, где проявляется высокая насыщенность семейств и родов видами и разновидностями (табл. 1).

Ведущими семействами в наших исследованиях прибрежных участков рекреационной зоны территории Национального парка «Башкирия» так же, как и по результатам исследования Юмагузинского водохранилища, являются семейства *Phormidiaceae* и *Nostocaceae*.

При анализе альгофлоры было выявлено, что на участках с синантропной растительностью число выявленных видов составляло 40 таксонов, однако и участков с синантропной растительностью было исследовано больше – 9.

По обилию встреченных видов доминирующими на участке с синантропной растительностью являются *Fistulifera pelliculosa* (Kützing) Lange-Bertalot, *Leptolyngbya boryana* (Gomont) Anagnostidis et Komárek, *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow, *Phormidium boryanum* (Gomont) Anagnostidis et Komárek, *Leptolyngbya notata* (Schmidle) Anagnostidis et Komárek, *Microcoleus autumnalis* (Gomont) Strunecky, Komárek et J. R. Johansen. Доминантами по встречаемости на участке с синантропной растительностью являются *Fistulifera pelliculosa*, *Leptolyngbya boryana*, *Hantzschia amphioxys*, *Phormidium boryanum*, *Leptolyngbya notata*.

Коэффициент ксерофильности (0,42) на участке с синантропной растительностью выше, чем на всех остальных участках. Коэффициент гидрофильности высокий на участках с лесной растительностью (табл. 2).

На участках с луговой растительностью по встречаемости доминируют виды *Hantzschia amphioxys*, *Leptolyngbya notata*, по обилию – *Hantzschia amphioxys*, *Leptolyngbya notata*, *Phormidium autumnale*, *Leptolyngbya boryana*, *Phormidium breve* (Kützing ex Gomont) Anagnostidis et Komárek.

Доминирующими на участке с лесной растительностью по встречаемости являются водоросли *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet et Flahault, *Phormidium boryanum*, *Hantzschia amphioxys*, по обилию – *Nostoc commune*, *Phormidium boryanum*, *Hantzschia amphioxys*.

Общим доминирующим видом на всех трех участках как по встречаемости, так и по обилию является *Hantzschia amphioxys*.

Таблица 2

## Характеристика альгофлоры на участках с разной растительностью

Число видов	Кгидр.	Кксер.	Спектр жизненных форм
1. Участки с синантропной растительностью			
40	0,24	0,42	$P_{11} CF_7 Ch_7 B_6 M_6 amph_2 hydr_1$

Продолжение табл. 2

Число видов	Кгидр.	Кксер.	Спектр жизненных форм
2. Участки с луговой растительностью			
35	0,15	0,40	$P_{11} Ch_{10} CF_5 B_3 M_3 NF_1 hydr_1 amph_1$
3. Участки с лесной растительностью			
16	0,4	0	$B_5 CF_4 Ch_3 NF_1 PF_1 P hydr_1$

Поскольку синантропная, луговая и лесная растительности были представлены разными типами сообществ, то сравнивали альгофлору по следующим типам сообществ:

1) класс *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951, рудеральные сообщества высокорослых двулетних и многолетних видов, порядок *Onopordetalia acanthii* Br.-Bl. et R. Tx. ex Klika et Hadač 1944, сообщества ксерофитов и мезофитов;

2) класс *Chenopodietae* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1952. Сообщества однолетников, представляющие начальные стадии восстановительных сукцессий после нарушений, порядок *Syssymbrietalia* J. Tx. ex Gors 1966, рудеральные сообщества богатых гумусом субстратов пустырей.

3) класс *Plantaginetea majoris* R. Tx. et Preising in R. Tx. 1950, сообщества низкорослых, устойчивых к вытаптыванию мезофитов и гигрофитов вдоль дорог.

4) класс *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. 1937. Вторичные послелесные луга умеренной зоны Евразии, формирующиеся на месте широколиственных лесов, с внедрением рудеральных сообществ высокорослых двулетних и многолетних видов класса *Artemisietea vulgaris*, порядка *Onopordetalia acanthii*, сообщества ксерофитов и мезофитов;

5) класс *Molinio-Arrhenatheretea*, вторичные послелесные луга умеренной зоны Евразии, формирующиеся на месте широколиственных лесов, порядок *Galietalia very* Mirk. et Naumova 1986, остепненные луга Восточной Европы и Сибири;

6) класс *Salicetae purpureae* Moor 1958, пойменные прирусловые ивово-тополевые леса и кустарниковые сообщества;

7) класс *Querco-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieger in Vlieger 1937, мезофильные и мезоксерофильные широколиственные листопадные леса на богатых почвах в зоне умеренного климата.

Сравнение альгофлоры с использованием коэффициента Серенсена этих перечисленных участков показало наиболее большое сходство (52 %) на участках с растительностью класса *Artemisietea vulgaris*, порядка *Onopordetalia acanthii* и *Molinio-Arrhenatheretea* с внедрением класса *Artemisietea vulgaris*, порядка *Onopordetalia acanthii*. Возможно, это связано с тем, что на участках сообщества класса *Molinio-Arrhenatheretea* произошло внедрение рудерального сообщества (класс *Artemisietea vulgaris*, порядок *Onopordetalia acanthii*) высокорослых двулетних и многолетних видов.

Таблица 3

Коэффициент сходства Серенсена для семи участков с различной растительностью

Участок	1	2	3	4	5	6	7
1	–	46	18	52	26	26	40
2	46	–	28	45	23	18	20
3	18	28	–	20	33	10	12
4	52	45	20	–	11	27	24
5	26	23	33	11	–	11	29
6	26	16	10	27	11	–	45
7	40	20	12	24	29	45	–

Примеч.: характеристика участков приведена выше в тексте.

Наименьший процент сходства альгофлоры пришелся на участках сообществ классов *Plantaginetea majoris* и *Salicetae purpureae* (табл. 3). Это объясняется различными экологическими условиями на этих участках. Так, класс *Plantaginetea majoris* является сообществом низкорослых, устойчивых к вытаптыванию мезофитов и гигрофитов вдоль дорог, то есть данные участки претер-

певают высокую рекреационную нагрузку. А класс *Salicetae purpureae* – это пойменные прирусловые ивово-тополевые леса и кустарниковые сообщества, где более низкая освещенность и повышенная влажность. При анализе альгофлоры семи участков с различной растительностью наибольшее число видов выявили на участке 4 (класс *Molinio-Arrhenatheretea*, с внедрением класса *Artemisietea vulgaris*, порядка *Onopordetalia acanthii*), наименьшее число видов выявлено на участке 5 (класс *Molinio-Arrhenatheretea*, порядок *Galietalia veri*).

По спектру жизненных форм практически везде преобладают:

- Р-формы, нитевидные синезеленые (*Phormidium*, *Leptolyngbya*), типичные ксерофиты;
- Ch-формы, убиквисты (*Chlorella*, *Chlorococcum*), исключительно выносливые к экстремальным условиям;
- CF-формы, способные давать слизистые разрастания на поверхности почвы. В основном это азотфикссирующие цианобактерии;
- В-формы, диатомовые (*Bacillariophyta*), холодостойкие, светолюбивые, солевыносливые, но не устойчивые против высыхания.

Наибольший коэффициент гидрофильности (0,46) на шестом участке, (класс *Salicetae purpureae*). На этом же участке самый низкий коэффициент ксерофильности.

Наибольший коэффициент ксерофильности на втором участке (класс *Chenopodietea*, порядок *Sysymbrietalia*). Наименьший коэффициент гидрофильности на третьем участке (класс *Plantaginetea majoris*) и на участке 5 (класс *Molinio-Arrhenatheretea*, порядок *Galietalia veri*).

Наиболее часто встречающимися видами на исследованных семи участках являются *Hantzschia amphioxys*, *Leptolyngbya boryana*, *Leptolyngbya notata*.

Альгофлора участков различалась по количеству видов, составу доминантного комплекса, активности видов и спектрам жизненных форм. Доминирующими видами на участках с синантропной растительностью являются: нитевидные цианобактерии, типичные ксерофиты; на участках с луговой растительностью спектры жизненных форм водорослей были более полноценными. Доминирующими видами на участках с лесной растительностью являлись В-формы: холодостойкие, светолюбивые, но неустойчивые против высыхания диатомеи, CF – формы, азотфикссирующие цианобактерии, способные давать слизистые разрастания на поверхности почвы.

На основе анализа динамики изменения основных таксонов почвенных водорослей за летний период в пойме реки Белой в створе Юмагузинского водохранилища самый богатый видовой состав был выявлен в июле–августе, и количество водорослей на всех участках оказалось максимальным. Количественное и качественное соотношение всех отделов водорослей относительно постоянное, изменения в соотношениях незначительны.

## ЛИТЕРАТУРА

- Залетаев В. С.** Мировая сеть водно-наземных экотонов, её функции в биосфере и роль в глобальных изменениях // Эктоны в биосфере. – М.: РАСХН, 1997. – С. 77–90.
- Миркин Б. М.** Закономерности развития растительности речных пойм. – М.: Наука, 1974. – 174 с.
- Шарипова М. Ю.** Альгоценозы водно-наземных экотонов и их экологические характеристики // Теоретическая и прикладная экология, 2007. – № 3. – С. 11–14.
- Шарипова М. Ю.** Водоросли экотонных сообществ: монография – Уфа: РИО БашГУ, 2006. – 182 с.
- Шарипова М. Ю., Дубовик И. Е., Нагаев В. Х., Рахматуллина И. В., Климина И. П.** Альгофлора особо охраняемых природных территорий Южного Урала // Вестник ОГУ, 2007. – № 12. – С. 66–70.
- Шарипова М. Ю., Дубовик И. Е.** Современные методы альгологии. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2012. – 116 с.
- Штина Э. А. Голлербах М. М.** Экология почвенных водорослей – М.: Наука, 1976. – 144 с.
- Guiry M. D., Guiry G. M.** AlgaeBase: World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (accessed 02 February 2024). DOI: 10.7872 / crya.v35.iss2.2014.105