

## ФЛОРА ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Приводятся результаты анализа систематической структуры флоры *Bacillariophyta* водоемов Оренбургской области. Выявлено 320 таксонов рангом ниже рода, относящихся к 2 классам, 7 порядкам, 19 семействам, 42 родам. Показана доля представителей отдела в общем составе альгофлоры региона. Дается экологическая характеристика видов.

### Введение

Оренбургская область расположена в центре степного пояса Северной Евразии на стыке двух частей света – Европы и Азии (между 54°21' – 50°30' северной широты и 50° – 62°30' восточной долготы), разделенных восточным склоном Уральских гор и рекой Урал. На территории области представлены ландшафты лесостепей средней полосы России, степей Заволжья и Тургая, лесистых низкогорий Южного Урала, сосново-березового лесостепья Западной Сибири [11].

Климат области отличается ярко выраженной континентальностью. Характерной особенностью региона являются постоянно дующие ветра, суровая малоснежная зима и знойное сухое лето, недостаточность и неустойчивость атмосферного увлажнения, интенсивное испарение и обилие солнечного освещения в весенне-летнее время [11, 26].

По обеспеченности водными ресурсами Оренбургская область относится к маловодным районам страны [13].

Географическое расположение области, характер рельефа и своеобразие климатических условий нашли свое отражение в особенностях видового состава водорослей.

Отправной точкой для исследований послужил сравнительный анализ имеющихся литературных данных видового состава диатомовых водорослей Оренбургской области. Первый список водорослей Оренбургской области (1883) включал в себя 111 видов диатомовых [27]. В работе А.А. Бенинга [4] приводятся краткие данные по альгофлоре реки Урал и водоемов его поймы. Всего список А.А. Бенинга включает 79 видов водорослей, в том числе 50 диатомовых. И.А. Киселевым [14] по однократным сборам были описаны водоросли реки Урал, некоторых ее пойменных озер и двух небольших водохранилищ к западу от города Оренбурга. Для террито-

рии области им отмечен 61 видовой и внутривидовой таксон диатомовых. Флора диатомовых соленых озер Соль-Илецка, по данным Л.С. Блюминой [5], включает 19 таксонов рангом ниже рода. Ею же проводились исследования планктона реки Урал на участке Орск – Оренбург и реки Сакмара [6, 7, 8]. Таксономический состав флоры диатомовых водорослей данных водоемов представлен 118 видами и разновидностями [9]. С.Н. Порядина, исследуя фитопланктон реки Урал и ее притоков, расширила этот список до 144 таксонов рангом ниже рода [19]. Изучением Ириклинского водохранилища на реке Урал занималась В.Н. Батурина. В фитопланктоне ею обнаружены 23 видовых и внутривидовых таксонов *Bacillariophyta* [2]. В 2003 году по Ириклинскому водохранилищу была опубликована монография, в которой авторы указывают 26 видов и разновидностей диатомовых водорослей [20]. Масштабные исследования флоры диатомовых водорослей озер, рек и водохранилищ Оренбургской области, проведенные Батуриной В.Н., выявили 253 видовых и внутривидовых таксона [3]. Изучение литературных данных и собственные многолетние исследования авторов позволили расширить этот список до 320 видов, разновидностей и форм *Bacillariophyta* [28]. Тем не менее, несмотря на многолетние исследования, структурного анализа флоры диатомовых водорослей до сегодняшнего времени не проводилось, что и побудило авторов к выполнению данной работы.

### Материалы и методы

В работе использованы данные о видовом разнообразии водорослей разнотипных водоемов области (большие и малые реки, озера различной минерализации, пруды, водохранилища, эфемерные водоемы), полу-

ченные как из литературных источников, так и в результате многолетних исследований авторов [21, 22, 23, 24, 28].

Сбор и обработка материала проводились по стандартным методикам [10, 18]. Часть проб фиксировали формалином, концентрировали методом фильтрации через мембранный фильтр «Сынпор» №1 и седиментационным методом [10, 17]. Другую часть проб исследовали в живом состоянии. Диатомовые водоросли определяли в постоянных препаратах под световым микроскопом марки «Standard-25» (Carl Zeiss) с использованием масляной иммерсии при увеличении 1000. Ряд таксонов идентифицировали под сканирующим микроскопом (JSM-25 S). Роды и порядки внутри отдела диатомовых водорослей определяли согласно классификации, принятой в серии «Определитель пресноводных водорослей СССР». Дополнительно использовали сводки К. Krammer, Н. Lange-Bertalot [29, 30, 31, 32]. При эколого-географической характеристике водорослей применялись сводные таблицы С.С. Бариновой с соавт. [1].

### Результаты и их обсуждение

Выявление систематической структуры любой флоры всегда имеет большое значение, так как именно она менее всего подвержена влиянию неполноты инвентаризации, различия площадей и флористического богатства регионов [12]. При анализе систематической структуры раскрываются доля и порядок расположения ведущих по систематическому разнообразию таксонов различного ранга (семейств, родов) [15, 16].

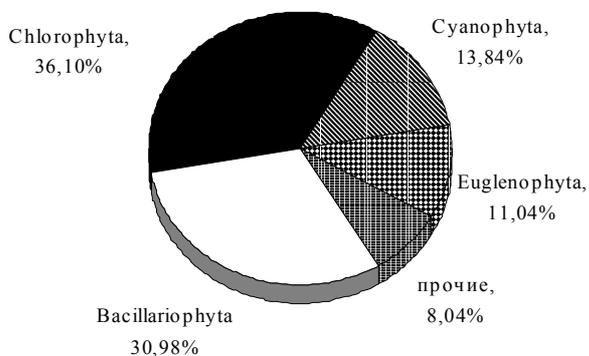


Рисунок 1. Соотношение таксономического состава альгофлоры Оренбургской области

К настоящему времени в составе альгофлоры водоемов области зарегистрировано 1033 таксонов водорослей рангом ниже рода, относящихся к 10 отделам, 15 классам, 33 порядкам, 85 семействам, 210 родам. Диатомовые по видовому и внутривидовому разнообразию занимают второе место, немного уступая отделу *Chlorophyta* (рис. 1). В реках и озерах области обнаружено практически одинаковое число видов и разновидностей диатомовых водорослей (197 и 196 соответственно); в водохранилищах их количество значительно меньше – 53 таксонов рангом ниже рода.

Анализ таксономической структуры диатомовых водорослей Оренбургской области показал, что отдел *Bacillariophyta* включает 2 класса, 7 порядков, 19 семейств, 42 рода и 320 видов, разновидностей и форм.

Наибольшее значение при анализе флоры имеют ведущие семейства. Как известно, 10 ведущих семейств, объединяющих около 50-60% видового разнообразия, составляют «лицо» любой флоры [25].

Ведущими семействами флоры диатомовых водорослей Оренбургской области являются: *Naviculaceae*, включающие 98 видов и разновидностей, *Nitzschiaceae* – 54, *Fragilariaceae* – 35, *Cymbellaceae* – 27, *Gomphonemataceae* – 25, *Diatomaceae* – 11, *Achnanthaceae* – 9, *Melosiraceae* – 8, *Epithemiaceae* – 7 (табл. 1). Выявлено, что доля первых трех семейств составляет около 60% от всего видового разнообразия диатомовых водорослей Оренбургской области.

При анализе спектра десяти ведущих родов выявлено, что он включает представителей семи ведущих семейств. Как видно из представленных в таблице 2 данных, головная часть спектра существенно отличается от остальной по общему числу таксонов рангом ниже рода. Число видов, входящих в роды головной части спектра (*Navicula* Bory, *Nitzschia* Hass.), в сумме составляет 30% от общего числа видового разнообразия отдела.

По приуроченности к определенному местообитанию во флоре диатомовых водорослей Оренбургской области преобладает группа бентосных организмов (бентосные – в широком смысле, связанные с субстратом [1]) – 204 вида, разновидности и формы, при-

Таблица 1. Спектр ведущих семейств диатомовых водорослей

Семейства	Количество родов семейства	Количество видов и разновидностей	Доля от общего числа видов и разновидностей в отделе, %	Доля от общего числа видов и разновидностей во флоре, %
Naviculaceae	12	98	30,6	9,5
Nitzschiaceae	3	54	16,9	5,23
Fragilariaceae	3	35	10,9	3,39
Cymbellaceae	2	27	8,4	2,6
Gomphonemataceae	2	25	7,8	2,4
Surirellaceae	3	24	7,5	2,3
Diatomaceae	2	11	3,4	1,06
Achnanthaceae	2	9	2,8	0,87
Melosiraceae	2	8	2,5	0,77
Epithemiaceae	2	7	2,2	0,68
Итого:	33	298	93,0	28,8

надлежащих к 12 семействам, что составляет 66,5% от общего числа диатомовых. Среди наиболее хорошо развивающихся видов, формирующих лицо сообщества, можно отметить *Fragilaria capucina* Desm. var. *capucina*, *Cymbella lanceolata* (Ehr.) V.H. var. *lanceolata*, *C. prostrate* (Berk.) Cl., *C. tumida* (Breb.) V.H. var. *tumida*, *Meridion circulare* Ag., *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cl. var. *amphisbaena*, *Amphora ovalis* Kutz. var. *ovalis*, *Gyrosigma acuminatum* (Kutz.) Rabenh. var. *acuminatum*, *Gomphonema olivaceum* (Lyngb.) Kutz. var. *olivaceum*, *G. truncatum* Ehr., *Bacillaria paradoxa* Gmelin. Планктонные формы составляют около 7,5% (24 вида и разновидности, принадлежащих 10 семействам). Выражено преобладание следующих видов: *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *S. minutulus* (Kutz.) Cl. et Moll., *Aulacoseira alpigena* (Grun.) Kramm., *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Asterionella formosa* Hass.

Ряд видов, которые принято считать типично планктонными, в прудах и озерах имеют донную или перифитонную фазу в своем развитии [10]. В водоемах Оренбургской области на долю таких планктонно-бентосных организмов приходится 19% (61 вид и разновидность). Массового развития среди них достигают *Melosira italica* (Ehr.) Kutz. var. *italica*, *M. varians* Ag. var. *variens*, *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. f. *granulata*, *Diatoma tenuis* Ag., *D. vulgaris* Bory, *Synedra ulna* var. *danica* (Kutz.) Grun., *S. ulna* (Nitz.) Ehr. var. *ulna*, *Nitzschia acicularis* W. Sm. var. *acicularis*, *Cyclotella meneghiniana* Kutz., *Cocconeis placentula* Ehr. var. *placentula*, *Navicula*

*cryptocephala* Kutz. var. *cryptocephala*, *Cymatopleura solea* (Breb.) W. Sm. var. *solea*.

Подавляющее большинство диатомовых водорослей Оренбургской области представлено видами-космополитами (70%, или 223 вида, разновидности и формы, принадлежащих 19 семействам). Широко распространены *Fragilaria ulna* (Nitz.) L.-B., *Navicula cryptocephala* var. *cryptocephala*, *N. radiosa* Kutz., *N. pygmaea* Kutz., *Nitzschia amphibia* Grun., *N. hungarica* Grun. var. *hungarica*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cocconeis placentula* var. *placentula*, *Surirella minuta* Breb. in Kutz., *Fragilaria crotonensis*, *F. capucina* var. *capucina*, *Aulacoseira granulata* f. *granulata*. Заметна и доля бореальных видов – 15% (48 таксонов рангом ниже рода, принадлежащих 12 семействам), в том числе *Cymbella capricornis* Skv., *Pinnularia dactylus* Ehr., *P. intermedia* Lagerst., *P. viridis* var. *fallax* Cl. *Neidium iridis* var. *diminutum* (Pant.) Wisl. et Kolbe, *Navicula*

Таблица 2. Спектр ведущих родов флоры диатомовых водорослей

Рода	Количество видов и разновидностей	Доля от общего числа видов и разновидностей, %
Navicula Bory	49	15,3
Nitzschia Hass.	47	14,7
Gomphonema Ag.	24	7,5
Cymbella Ag.	22	6,9
Synedra Ehr.	21	6,6
Pinnularia Ehr.	17	5,3
Surirella Turp.	16	5,0
Fragilaria Lyngb.	13	4,1
Diatoma D. C.	10	3,1
Gyrosigma Hass.	8	2,5
Итого	227	71,0

*lacustris* var. *parallela* Wisl. et Kolbe, *Nitzschia acuta* Hantz., *N. intermedia* Hantz., *Surirella turgida* var. *marginata* W. Sm. и др. Выявлены также аркто-альпийские (2,2%) (*Aulacoseira islandica* var. *helvetica* O. Mull, *A. alpigena*, *Navicula amphibola* Cl. var. *amphibola* и т. д.) и арктические (0,9%) виды (*Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kutz., *Diatoma anceps* (Ehr.) Kirchn.).

По отношению к кислотно-щелочному балансу среди диатомовых водорослей преобладали алкалофилы – 143 вида, разновидности и формы (44,7%), принадлежащих 13 семействам. Среди них чаще других встречались *Asterionella formosa*, *Synedra ulna* var. *ulna*, *Meridion circulare*, *Caloneis amphisbaena* var. *amphisbaena*, *Cymatopleura solea* var. *solea* и др. Индифференты составили 24,1% (77 таксонов рангом ниже рода). Массового развития из них достигали *Aulacoseira alpigena*, *Diatoma vulgare*, *Bacillaria paradoxa*. Ацидофилы и алкалобионты в среднем составляли по 5% от общего числа *Bacillariophyta*. В группе ацидофилов отмечены *Eunotia bilunaris* (Ehr.) Mills., *E. fallax* A. Cl. var. *fallax*, *E. valida* Hust., *Aulacoseira islandica* O. Mull. Sim. var. *islandica*, *Cymbella elginensis* Kramm., *C. subcuspidata* Kramm. и прочие, тогда как алкалобионты представлены *Melosira italica* var. *italica*, *Cymbella prostrata*, *Gomphonema truncatum* и др.

По отношению к солености вод выявлены индикаторные таксоны водорослей, представленные олигогалолами (74,3%) и мезогалолами (13%). Олигогалоламы включают в свою очередь 3 группы: галофилы, индифференты, галофобы [33]. Установлено значительное преобладание представителей группы индифферентов – 201 видовой и внутривидовой таксон (63%), принадлежащий 16 семействам. Среди них доминирующие позиции в сообществах занимали *Asterionella formosa*, *Amphora ovalis* var. *ovalis*, *A. delicatissima* Krasske, *Fragilaria crotonensis*, *Aulacoseira granulata* f. *granulata*, *Melosira varians* var. *variens*, *Synedra ulna* var. *danica*, *Surirella brebissonii* var. *kuetzingii* Kramm. L.-B., *S. capronii* Breb. var. *capronii*. Второе место занимают мезогалоламы, составляющие 13% (41 вид и разновидность, принадлежащие 7 семействам), среди которых обычно встречались *Bacillaria paradoxa*, *Nitzschia hungarica*

var. *hungarica*, *Navicula pygmaea*. Далее следуют галофилы – 11,3%, из них в качестве постоянных членов сообщества выступали *Navicula cryptocephala* var. *cryptocephala*, *Diatoma tenuis*, *Caloneis amphisbaena* var. *amphisbaena*, *C. permagna* (Bail.) Cl., *Surirella ovalis* Breb. var. *ovalis*. Выявление мезогалоламов наряду с олигогалолами можно объяснить наличием на территории области как пресных, так и солоноватоводных и ультра-соленых водоемов.

Сапробиологический анализ выявил 155 таксонов – индикаторов сапробности, из них 68,4% относятся к категории альфа-, бета-, бета-альфа-, олиго-альфа- и олиго-бета-мезосапробов. Массового развития в отдельных водоемах достигали *Stephanodiscus hantzschii*, *S. minutulus*, *Aulacoseira granulata* f. *granulata*, *Fragilaria crotonensis*, *Synedra ulna* var. *ulna*, *Diatoma vulgare*. Олигосапробы составили 26,5%, среди них доминирующие позиции в сообществах занимали *Asterionella formosa*, *Aulacoseira alpigena*, *Fragilaria capucina* var. *capucina*, *Caloneis amphisbaena* var. *amphisbaena*, *Cymatopleura solea* var. *solea*, *Cymbella lanceolata* var. *lanceolata*. Подобное соотношение свидетельствует о наличии растворенного органического вещества в основной массе водоемов области и средней степени загрязнения природных вод.

#### Заключение

Отдел *Bacillariophyta* включает 2 класса, 7 порядков, 19 семейств, 42 рода и 320 видов, разновидностей и форм и занимает второе место после зеленых водорослей по представленности в альгофлоре Оренбургской области.

Основу флоры диатомовых водорослей области составляют виды-космополиты.

По приуроченности к определенному местообитанию преобладают бентосные организмы.

По отношению к солености воды диатомовые водоросли в подавляющем большинстве индифференты, тогда как по отношению к pH среды наиболее широко представлена группа алкалофилов.

Выявлено 155 таксонов диатомовых водорослей – индикаторов сапробности, лидирующее положение занимают бета-мезосапробы.

**Список использованной литературы:**

1. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 498 с.
2. Батурина В.Н. Состав фитопланктона Ириклинского водохранилища. Оренбург, 1983. 16 с. Деп. в ВИНТИ 8.12.83, №6652-В83.
3. Батурина В.Н., Лигерман В.Н. Диатомовые водоросли Оренбургской области. Оренбург, 1986. 17 с. Деп. в ВИНТИ 16.12.86, №8549-В86.
4. Бенинг А.А. Материалы по гидробиологии р. Урал // Большая Эмба. Казахск. филиал АН СССР. 1938. Т. 11. С. 153-253.
5. Блюмина Л.С. Водоросли соленых Соль-Илецких озер // Бот. журн. 1957. Т. 42. №6. С. 912-927.
6. Блюмина Л.С. Материалы к характеристике фитопланктона р. Урал в районе г. Оренбурга // Бот. журн. 1962. Т. 47. №2. С. 1672-1675.
7. Блюмина Л.С., Драбкин Б.С. Материалы к характеристике фитопланктона р. Сакмары // Бот. журн. 1968. №9. С. 1295-1299.
8. Блюмина Л.С., Драбкин Б.С. Состав и количественное развитие альгофлоры среднего течения реки Урал // Биологические процессы в морских и континентальных водоемах. Кишинев, 1970. С. 51-52.
9. Блюмина Л.С. Фитопланктон // Гидробиология р. Урал. Челябинск, 1971. С. 37-56.
10. Водоросли. Справочник / Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Киев, 1989. 608 с.
11. Географический Атлас Оренбургской области. М., 1999. 96с.
12. Герцен М.В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера (на примере Большеземельной тундры). Л., 1985. 165 с.
13. Гидрогеология СССР. Оренбургская область. М., 1972. Т.43. С. 120-176.
14. Киселев И.А. Материалы к флоре водорослей водоемов района среднего и нижнего течения р. Урал в пределах Чкаловской и Западно-Казахстанской областей // Тр. ЗИН АН СССР. 1954. Т. 16. С. 532-575.
15. Мальшев Л.И. Флористические спектры Советского Союза // История флоры и растительности Евразии. Л., 1972. С. 17-40.
16. Медведева Л.А. Систематическая структура альгофлоры Сихотэ-Алинского биосферного заповедника (Приморский край, Россия) // Альгология. 1999. Т. 9. №3. С. 57-64.
17. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975. 240 с.
18. Определитель пресноводных водорослей СССР. Т.4 / Под ред. М.М. Голлербах. М., 1951. 619 с.
19. Порядина С.Н., Эргашев А.Э. Эколого-флористический анализ водорослей р. Урал и ее притоков // Водоросли и грибы Средней Азии. Ташкент, 1975. Вып. 2. С. 57-77.
20. Соловых Г.Н., Раимова Е.К., Осадчая Н.Д. и др. Гидробиологическая характеристика Ириклинского водохранилища. Екатеринбург, 2003. 179 с.
21. Степанова Т.Н. Фитопланктон пойменных озер Реки Урал. Оренбург, 1989. 26 с. Деп. в ВИНТИ 27.04.89, №2829-В89.
22. Степанова Т.Н., Шабанов С.В. К флоре водорослей Оренбургской области // Вопросы степной биоценологии: Сб. науч. тр. Екатеринбург, 1995. С. 3-16.
23. Степанова Т.Н., Шабанов С.В. Альгофлора водоемов Оренбургской области (Россия) // Актуальные проблемы современной альгологии: Тез. докл. II Междунар. конфер. Альгология. 1999. Т. 9. №2. С. 137.
24. Степанова Т.Н. Систематическая структура альгофлоры Оренбуржья // Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий: Матер. Междунар. конфер. Оренбург, 2001. С. 43-45.
25. Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л., 1974. 243 с.
26. Чибилев А.А. Природа Оренбургской области. (Часть I. Физико-географический и историко-географический очерк). Оренбург, 1995. 128 с.
27. Шелль Ю. К. Материалы для ботанической географии Уфы и Оренбургской губернии (споровые растения) // Труды Общества Естествоиспытателей Императорского Казанского университета. 1883. Т. 12 (1). С. 92-184.
28. Яценко-Степанова Т.Н., Немцева Н.В., Шабанов С.В. Альгофлора Оренбуржья. Екатеринбург, 2005. 201 с.
29. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Bd. 2/1. Naviculaceae. // Su?wasserflora von Mitteleuropa. Bd. XVI. 1986. S. 1-876.
30. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Bd. 2/2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. // Su?wasserflora von Mitteleuropa. Bd. XI. 1988. S. 1-596.
31. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Bd. 2/3. Centralcs, Fragilariaceae, Eunotiaceae. // Su?wasserflora von Mitteleuropa. 1991a. S. 1-576.
32. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Bd. 2/4. Achnanthaceae. // Su?wasserflora von Mitteleuropa. 1991b. S. 1-434.
33. Stoermer E.F., Smol J.P. The diatoms: application for the environmental and earth sciences. Cambridge, 1999. 469 p.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 05-04-49870-а) и программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Научные основы сохранения биоразнообразия России» (проект №БР-9-04).**