

## ВОДОРОСЛИ ПОРЯДКА *DESMIDIALES* ВОДОЁМОВ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Мартыненко Н.А., Боронникова С.В.

ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, e-mail: [nikita-martynenko@yandex.ru](mailto:nikita-martynenko@yandex.ru), [svboronnikova@yandex.ru](mailto:svboronnikova@yandex.ru)

В Пермском крае изучен видовой состав десмидиевых водорослей из 10 пресноводных водоемов различного типа трофности и гидрохимического состава. Полученные в культуре 113 мнноклональных штаммов десмидиевых водорослей (порядок *Desmidiiales*, отдел *Streptophyta*) идентифицированы к 35 видовым и внутривидовым таксонам. Выявлены следующие рода, принадлежащие к семейству *Desmidiaceae*: род *Staurastrum* (10 представителей), род *Euastrum* (5 видов и разновидностей), рода *Cosmarim* (3 вида), род *Xanthidium* и *Micrasterias* (по 2 вида) и род *Desmidium* (1 представитель). Десять видов и таксонов внутривидового ранга представлены родом *Closterium* одноимённого семейства – *Closteriaceae*. Впервые для альгофлоры Пермского края отмечено 2 рода (*Micrasterias* и *Xanthidium*) и 30 видовых и внутривидовых таксонов. Предварительный список видового состава порядка *Desmidiiales*, учитывая данные литературы, включает 68 видов и разновидностей из 9 родов и 3 семейств. У 21 определенного таксона найдена информация о приуроченности к месту обитания: четыре из них относятся к бентосным формам, девять – к планктонным и восемь – к планкто-бентосным. Индикаторами сапробности являются шестнадцать видовых и внутривидовых таксонов, идентифицированных десмидиевых водорослей, из которых 7 являются олигосапробами, 5 – β-мезосапробами и 3 – α-мезосапробами. Отношение к галобности известно у 24 определенных таксонов, из которых 15 индифференты, а 9 – галофобы. Сведения об отношении к pH известно у 8 представителей десмидиевых водорослей: 6 из них индифференты, а 2 являются ацидофилами. Двадцать четыре идентифицированных таксона имеют космополитный ареал распространения.

Ключевые слова: порядок *Desmidiiales*, культуры водорослей, видовое разнообразие, эколого-географические характеристики видов.

## ALGAE OF ORDER DESMIDIALES FROM PONDS OF PERM KRAI

Martynenko N.A., Boronnikova S. V.

Perm State University, Perm, e-mail: [nikita-martynenko@yandex.ru](mailto:nikita-martynenko@yandex.ru), [svboronnikova@yandex.ru](mailto:svboronnikova@yandex.ru)

Specific composition of desmids was studied in the 10 different in chemical composition ponds of Perm krai. One hundred and thirteen strains of desmids (order *Desmidiiales*, division *Streptophyta*) were established. These strains belonged to 35 specific and intraspecific taxa. They are genera of family *Desmidiaceae*: *Staurastrum* (10 taxa), *Euastrum* (5), *Cosmarim* (3), *Xanthidium* (2), *Micrasterias* (2) and *Desmidium* (1). Ten species and intraspecific taxa belonged to genus *Closterium* of family *Closteriaceae*. Two genus (*Micrasterias* and *Xanthidium*) and 30 specific and intraspecific taxa were met at first time for the algae flora of Perm krai. Advance list of species composition of order *Desmidiiales* includes 68 species and intraspecific taxa from the 9 genera and 3 families. We found information about confinement to habitat of 21 taxa, 4 of the mare benthic forms, 9 of them are planktonic forms and 8 of them are plankto-benthic forms. Sixteen found taxa are indicators of saprobity. Seven of the mare oligosaprobic, five of them – β-mesosaprobic and three of them – α-mesosaprobic. Twenty-four found taxa are indicators of salinity. Fifteen of the mare indifferentist and nine of them are halophobic. Information about relation to pH known about 8 taxa of desmids: 6 of them are indifferentist and 2 of them are acidophilic. Twenty-four of found taxa are cosmopolitan.

Keywords: order *Desmidiiales*, cultures of algae, species diversity, ecological and geographical characteristics of species.

К десмидиевым водорослям относятся организмы, имеющие коккоидные, реже трихомные талломы, особенностью строения которых является наличие двух полуклеток, соединённых перешейком. Это полифилетическая группа, относящаяся к классу *Zygnematophyceae*, отделу *Streptophyta*. По последним филогенетическим исследованиям она является предковой для высших растений [5]. Главными особенностями класса

*Zygnematophyceae* являются уникальным типом полового размножения (конъюгация) и полное отсутствие подвижных стадий в онтогенезе. Данная особенность, а также огромное разнообразие скульптуры и очертаний клетки сделало десмидиевые водоросли привлекательными, популярным объектом исследований. Их представители обитают по всему земному шару и населяют различные пресноводные водоёмы различного типа трофности и гидрохимического состава. Из-за широкого распространения и огромного количества видов, обитающих в разных условиях и обладающих высоким разнообразием мест обитания и занимаемых ими ниш, десмидиевые водоросли служат надёжными биологическими индикаторами качества воды. В Европе их используют для оценки необходимости и типа охраны природных территорий, а также определения климатического экосистем [10].

Альгофлора в бассейне реки Камы на территории Пермского края изучена в основном в крупных водоёмах и водотоках, прежде всего в главной водной артерии Прикамья реке Кама и её крупных притоках Е.В. Шляпиной (1927), В.М. Рыловым (1932), Э. А. Штиной (1941) и А.О. Таусон (1947). Изучению автотрофного звена среднекамских водохранилищ, появившихся после строительства в 1954 году Камской ГРЭС, посвящена серия работ С. Н. Уломского (1959), Э. А. Штины (1968), С. И. Головачёвой с соавторами (1975; 1983), Г.В. Кузьмина и А.Г. Охупкиной (1977), С.А. Третьяковой с соавторами (1981–1989), Н.Г. Тарасовой и Т.Н. Бурковой (2009–2011; 2013), П.Г. Беляевой (2007, 2011–2013) и Н.А. Мартыненко (2013, 2015). С целью выяснения структуры и функционирования фитоперифитонных сообществ изучены реки Сытва и Чусовая П. Г. Беляевой с соавторами (2001–2007; 2014). Исследован трофический статус Камского водохранилища и роль и функционирования ецианопрокариот Камского и Воткинского водохранилищ П.Г. Беляевой (2011; 2014). Видовой состав центрических диатомовых водорослей был уточнён Н.Г. Тарасовой (2005) и С.И. Генкалом с соавторами (2010; 2011). В связи с внедрением новых методов идентификации систематика и таксономия водорослей подвергается серьёзной ревизии. В связи с этим с 2014 года нами ведётся работа по изучению видового состава порядка *Desmidiiales* водоёмов Пермского края. Одним из таких методов является изучение водорослей в культуре.

**Целью** данной работы являлось определение видового разнообразия водорослей порядка *Desmidiiales* 10 водоёмов Пермского края с использованием метода разведения водорослей в культуре.

#### **Материал и методы исследования**

Отбор проб проводился с поверхностного слоя воды и выжимок из мха в октябре 2014 и в мае, июне и сентябре 2015 года в 10 водоёмах (табл. 1).

## Исследованные водоёмы Пермского края

Водоём	Координаты (°с.ш.; °в.д.)	Экологическая ниша
Р. Кама	60.3875°; 55.6616°	Планктон, перифитон
Болото около дер. Чепец	60.4552°; 55.6372°	Планктон, эপি́фитон
р. Южная Кельтма	60.4722°; 55.6352°	Бентос
Пруд на р. Вильва	60.4688°; 56.0594°	Планктон, эпи́фитон, перифитон
Оз. Бигичевское	60.5975°; 56.5419°	Планктон, эпи́фитон
Болото около г. Соликамск	59.6912°; 56.8140°	Планктон, эпи́фитон
Болото в пойме р. Усолки	59.6500°; 56.7494°	Планктон, эпи́фитон
Камское водохранилище около г. Орёл	59.3597°; 56.5633°	Планктон, эпи́фитон
Болото около дер. Шабуничи	58.1374°; 55.6823°	Планктон, эпи́фитон
Нытвенский пруд	57.9515°; 55.2812°	Планктон, перифитон

Отобранные в водоемах водоросли были выделены в культуру. Этот метод позволяет накопить биомассу, необходимую для выделения необходимого количества ДНК, нужного для дальнейших молекулярно-генетических исследований. Экстракция клеток из пробы осуществляли на инвертированном микроскопе ZeissAxioVertA1. Пипеткой выделяли из пробы отдельные клетки, промывали в чашках Петри со стерилизованной водой и помещали в лунку (300 мкл) планшета для иммуноферментного анализа. После трех недель роста альгологически чистые культуры переносили в чашки Петри диаметром 60 мм. Для выращивания водорослей использовали среду WC с буфером TRIS. Для роста клеток культуры помещали в климатическую камеру при температуре +20-22 °С и искусственном освещении с циклом 14 часов освещения и 10 часов темноты. Для сдерживания роста температуру в камере снижали до +7-12 °С при прежнем световом режиме. Фотографирование проводилось на микроскопах Olympus IX-71 и ZeissAxioScore A1.

Виды определяли с использованием следующих источников [6; 7; 10], а также серии определителей десмидиевой флоры Северной Америки «A Synopsis of North American Desmids».

Систематическое положение таксонов приведено по вышеуказанным определителям и сводкам с некоторыми уточнениями [5]. Для описания экологических и географических характеристик видов использован справочник «Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды» [1].

## Результаты и их обсуждение

В результате проделанных нами работ получено 113 штаммов десмидиевых водорослей (порядок *Desmidiales*, отдел *Streptophyta*), относящихся к 35 видовым и внутривидовым таксонам (рис. 1).

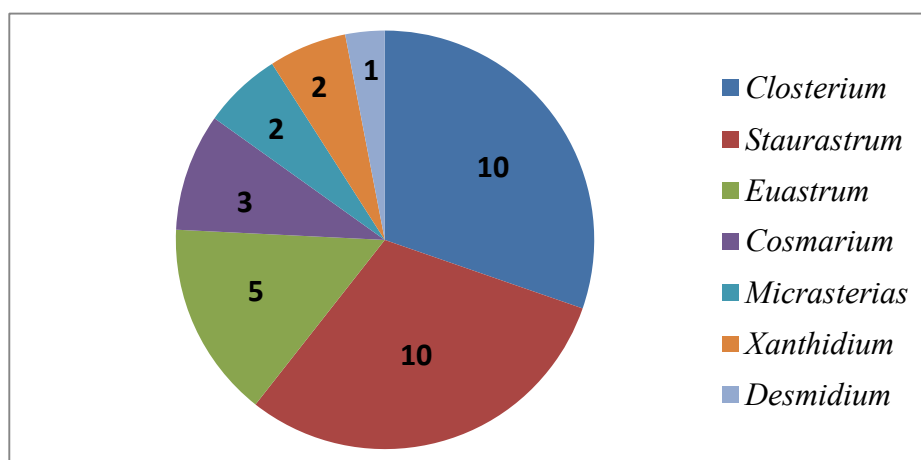


Рис. 1. Распределение идентифицированных штаммов десмидиевых водорослей по родам

Список идентифицированных нами видовых и внутривидовых таксонов представлен ниже (табл. 2).

Таблица 2

Список идентифицированных нами видовых и внутривидовых таксонов порядка *Desmidiales* водоёмов Пермского края

	Таксон видового и ниже видового ранга	Жизненная форма	Сапроб -ность	Галоб- ность	Отношен ие к <i>pH</i>	Распрост- ранение
<i>Сем. Closteriaceae</i>						
1	<i>Closterium acutum</i> var. <i>linea</i> (Perty) West & West	—	—	—	—	—
2	<i>Cl. acutum</i> Bréb.	—	β, 2.5	—	—	—
3	<i>Cl. attenuatum</i> Ralfs	—	—	—	—	—
4	<i>Cl. cornu</i> Ehr.	—	o	—	—	—
5	<i>Cl. cynthia</i> DeNotaris	—	—	—	—	—
6	<i>Cl. jenneri</i> Ralfs	—	—	—	—	—
7	<i>Cl. kuetzingii</i> Bréb.	P	o, 1.0	ind	—	k
8	<i>Cl. lanceolatum</i> Kütz.	—	—	—	—	—
9	<i>Cl. tumidulum</i> Gay	—	—	—	—	—
10	<i>Cl. venus</i> Kütz.	—	β, 2.0	—	—	—
<i>Сем. Desmidiaceae</i>						
11	<i>C. raciborskii</i> Lag.	—	—	—	—	—
12	<i>C. regulare</i> Schmidle	—	—	—	—	—
13	<i>C. simplicius</i> (West & G.S. West) Grönblad	—	—	—	—	—
14	<i>Desmidium swartzii</i> Ag.	—	o, 1.0	ind	—	k
15	<i>Euastrum ansatum</i> Ehr.	—	—	—	—	—

16	<i>E. bidentatum</i> Näg.	P-B	–	hb	–	k
Продолжение таблицы 2						
17	<i>E. binale f. gutwinskii</i> Schmidle	–	–	–	–	–
18	<i>E. binale</i> Ehr.	–	–	–	–	–
19	<i>E. insulare</i> (Wittrock) Roy	P	–	hb	–	k
20	<i>E. oblongum</i> Ralfs	–	o, 1.0	–	–	–
21	<i>E. pectinatum</i> Ralfs	–	–	–	–	–
22	<i>Micrasterias rotata</i> Ralfs	–	–	–	–	–
23	<i>M. truncata</i> Bréb.	–	o, 1.0	–	–	–
24	<i>Staurastrum alternans</i> Bréb.	–	–	–	–	–
25	<i>S. botrophilum</i> Wolle	–	–	–	–	–
26	<i>S. hexacerum</i> Wittrock	–	–	–	–	–
27	<i>S. hirsutum</i> Ehr.	–	–	–	–	–
28	<i>S. laevispinum</i> Bisset	–	–	–	–	–
29	<i>S. monticulosum</i> Ralfs	–	–	–	–	–
30	<i>S. punctulatum</i> Ralfs	P-B	o, 1.0	ind	–	k
31	<i>S. striolatum</i> (Nag.) Archer	–	–	–	–	–
32	<i>S. turgescens</i> DeNotaris	–	–	–	–	–
33	<i>S. vestitum</i> Ralfs	P	–	hb	–	k
34	<i>Xanthidium antilopaeum</i> Kütz.	P	–	ind	–	k
35	<i>X. armatum</i> Bréb.	–	–	–	–	–

Приложение: P – планктонная форма, P-B – планкто-бентосная форма, B – бентосная форма; o – олигосапроб,  $\beta$  - и  $\alpha$  – бета- и альфа-мезосапроб; ind – индифферент, hb – галофоб; acf – ацидофил, ind – индифферент, k – космополит.

А. О. Таусон идентифицировала в р. Каме до её зарегулирования 28 внутриродовых таксонов [8]. С. А. Третьякова с соавторами в Воткинском водохранилище определяла 8 внутриродовых таксонов [9]. П. Г. Беляева с соавторами находила 7, 18 и 4 таксона внутри родового ранга в Камском водохранилище [2], в р. Сылве [3] и р. Чусовой [4], соответственно (рис. 2).

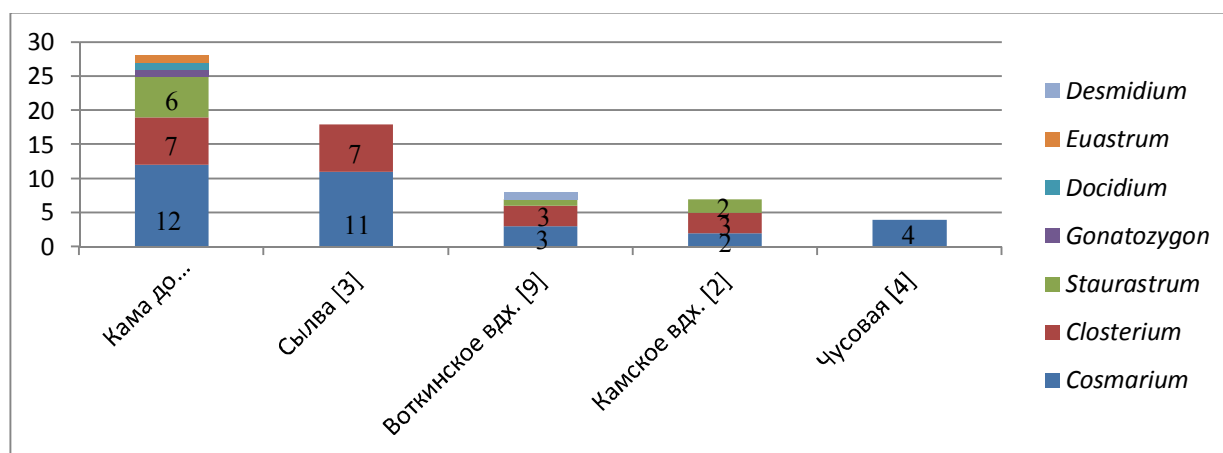


Рис. 2. Виды порядка Desmidiales водоёмов Пермского края (по литературным данным)

Список видов, идентифицированных вышеуказанными авторами, представлен в таблице 3.

Видовой состав водорослей порядка *Desmiales* водоёмов Пермского края по данным литературы

	Таксон видового и ниже видового ранга	Жизненная форма	Сапробность	Галобность	Отношение к pH	Распространение
<i>Сем. Closteriaceae</i>						
1	<i>Closteriumacerosum</i> (Shrank) Ehr.	B	$\alpha$ , 2.8	ind	ind	k
2	<i>Cl. aciculare</i> (Tuffen) W. West.	–	–	–	–	–
3	<i>Cl. ehrenbergii</i> Meneg.	P-B	$\beta$ , 1.8	hb	ind	k
4	<i>Cl. gracile</i> Bréb.	P-B	–	hb	–	k
5	<i>Cl. lunula</i> (O. Müll.) Nitzsch	–	$\alpha$ , 1.1	–	–	–
6	<i>Cl. leibleinii</i> Kütz.	–	$\alpha$ , 2.7	–	–	–
7	<i>Cl. moniliferum</i> (Bory) Ehr.	B	$\beta$ , 2.15	ind	–	k
8	<i>Cl. parvulum</i> Nag.	P-B	$\beta$ , 2.2	ind	–	k
9	<i>Cl. peracerosum</i> Gay	–	–	–	–	–
10	<i>Closterium</i> sp.	–	–	–	–	–
<i>Сем. Desmidiaceae</i>						
11	<i>Cosmariumangulosum</i> Breb.	–	–	–	–	–
12	<i>C. binum</i> Nord.	–	–	–	–	–
13	<i>C. bioculatum</i> Bréb.	P	–	hb	–	k
14	<i>C. botrytis</i> Meneg.	P	$\alpha$ , 2.8	ind	ind	k
15	<i>C. granatum</i> Bréb.	P	–	ind	ind	k
16	<i>C. impressulum</i> Elfving	P-B	–	hb	ind	k
17	<i>C. margaritififerum</i> Meneg.	–	–	ind	–	k
18	<i>C. phaseolus</i> Bréb.	B	–	ind	–	k
19	<i>C. protractum</i> (Näg.) De Bary	–	–	–	–	–
20	<i>C. punctulatum</i> Bréb.	P-B	–	hb	acf	k
21	<i>C. pygmaeum</i> Archer	–	–	–	–	–
22	<i>Cosmarium</i> sp.	–	–	–	–	–
23	<i>C. subspeciosum</i> Nordst.	–	–	–	–	–
24	<i>C. turpinii</i> Bréb.	–	–	ind	ind	k
25	<i>C. undulatum</i> Corda	P-B	–	ind	acf	k
26	<i>Desmidium</i> sp.	–	–	–	–	–
27	<i>Docidiumbaculum</i> Bréb.	–	–	–	–	–
28	<i>S. brebissonii</i> Archer	–	–	–	–	–

29	<i>S. brevispinum</i> (Bréb.) Ralfs	–	–	–	–	–
30	<i>S. dejectum</i> <i>var. inflatum</i> West	–	–	–	–	–
31	<i>S. gracile</i> Ralfs	P	β, 1.5	ind	–	k
32	<i>S. paradoxum</i> Meyen	P	–	ind	–	k
Сем. <i>Gonatozygaceae</i>						
33	<i>Gonatozygonmonotaenium</i> DeBary	B	–	hb	–	k

Предварительный список, учитывая литературные данные, включает 68 видов и разновидности из 9 родов и 3 семейств. Впервые для альгофлоры Пермского края отмечено 2 рода (*Micrasterias* и *Xanthidium*) и 30 таксонов видового и внутривидового ранга. Информация о приуроченности к местообитанию известна у 21 из определенных таксонов, из которых четыре относятся к бентосным формам, девять – к планктонным, а восемь – к планкто-бентосным. Индикаторами сапробности являются шестнадцать видовых и внутривидовых таксонов идентифицированных десмидиевых водорослей, из которых 7 являются олигосапробами, 5 – β-мезосапробами и 3 – α-мезосапробами. По отношению к галобности видами-показателями являются 24 определенных таксона, из которых 15 индифференты, а 9 – галофобы. Данные об отношении к *pH* имеются у 8 таксонов десмидиевых водорослей: 6 из них индифференты, а 2 являются ацидофилами. Двадцать четыре идентифицированных таксона имеют космополитный характер распространения.

### Заключение

Получено 113 штаммов десмидиевых водорослей из водоёмов Пермского края, из них идентифицировано 33 видовых и внутривидовых таксона. Впервые для альгофлоры Пермского края отмечено 2 рода (*Micrasterias* и *Xanthidium*) и 30 таксонов видового и внутривидового ранга. Предварительный список, учитывая литературные данные, включает 68 видов и разновидности из 9 родов и 3 семейств – *Closteriaceae*, *Gonatozygaceae* и *Desmidiaceae*. Представлены эколого-географические характеристики данных видов. По приуроченности к местообитанию 11 % являются планктонными формами, 9 % – планкто-бентосными формами, 5 % – бентосными формами. По отношению к сапробности 10 % являются олигосапробами, 7 % – β-мезосапробами, 5 % – α-мезосапробами. По отношению к галобности 18 % найденных таксонов – индифференты, 11 % – галофобы. По отношению к *pH* 8 % идентифицированных таксонов – индифференты, а 3 % – ацидофилы. Космополитами являются 35 % найденных таксонов.

### Список литературы

1. Баринаева С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. – М.: ВНИИ Природы, 2000. – 150 с.
2. Беляева П. Г. Видовой состав и структура фитопланктона Камского водохранилища // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2013. – №. 3. – С. 4-12.
3. Беляева П. Г. Состав и структура фитоперифитона реки Сытва (Пермский край) // Ботанический журнал. – 2014. – Т. 99. – № 8. – С. 903-916.
4. Беляева П. Г., Поздеев И. В. Донные сообщества р. Чусовая (бассейн Камы) // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2005. – №. 6. – С. 103-108.
5. Гончаров А. А. Проблемы систематики конъюгат (*Zygnematophyceae*, *Streptophyta*) с точки зрения молекулярно-филогенетических данных // Ботанический журнал. – 2009. – Т. 97. – №. 10. – С. 1417-1438.
6. Косинская Е. К. Десмидиевые водоросли // Изд-во Академии наук СССР, 1960. – Т. 5. – 709 с.
7. Паламарь-Мордвинцева Г.М. Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты, порядок Десмидиевые // Определитель пресноводных водорослей СССР. – Вып. 11 (2). – Л.: Наука, 1982. – 620 с.
8. Таусон А.О. Водные ресурсы Молотовской области. – Молотов: ОГИЗ, 1947. – 321 с.
9. Третьякова С.А., Головачева С.И., Батова Е.М. Фитопланктон // Биология Воткинского водохранилища. – Иркутск, 1988. – 184 с.
10. Coesel P. F. M., Meesters J. European flora of the desmid genera *Staurastrum* and *Stauroidesmus*. – KNNV Publishing, 2013. – 357 p.