

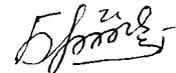
На правах рукописи

БОБОЕВ Мариё Тиллоевич

**АЛЬГОФЛОРА ВОДОЁМОВ И ВОДОТОКОВ
ЮЖНО-ТАДЖИКСКОЙ ДЕПРЕССИИ**

03.02.01 – «Ботаника»

03.02.08 – «Экология»



АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Новосибирск – 2018

Работа выполнена в лаборатории флоры и систематики талломных растений Института ботаники, физиологии и генетики растений АН РТ.

Научный консультант – Хисориев Хикмат,
доктор биологических наук, академик АН РТ, заведующий лабораторией флоры и систематики талломных растений Института ботаники, физиологии и генетики растений
АН Республики Таджикистан.

Официальные оппоненты: Корнева Людмила Генриховна,
доктор биологических наук, доцент,
ФГБУН Институт биологии внутренних вод
им. И.Д. Папанина РАН, в.н.с.;

Комулайнен Сергей Федорович,
доктор биологических наук, ФГБУН Институт биологии – обособленное подразделение «Карельский научный центр» РАН, в.н.с.;

Абдуллин Шамиль Раисович,
доктор биологических наук, ФГБУН «ФИЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН, в.н.с.

Ведущая организация – ФГБУН Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск.

Защита состоится 16 октября 2018 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 003.058.01 при ФГБУН Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН по адресу: 630090, Новосибирск-90, ул. Золото-долинская, 101.

Факс: (383) 330-19-86.
E-mail: botgard@ngs.ru.

С авторефератом можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБУН Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. Сайт в Интернете: <http://www.csbg.nsc.ru>.

Автореферат разослан: «___»_____2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор биологических наук



Храмова Елена Петровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время проблема сохранения биологического разнообразия приобрела общемировой глобальный характер, и вопросы изучения и сохранения общего генофонда, в частности, видового разнообразия водорослей любой биоты (локальной, региональной, глобальной), стали важными природоохранными задачами многих цивилизованных государств. В контексте этой проблемы региональные альгофлористические исследования в настоящее время приобретают всё большую актуальность, так как способствуют процессу инвентаризации и сохранению растений. Целенаправленное изучение видового разнообразия водорослей Таджикистана продолжается уже более 70 лет, видовой и систематический состав флоры водорослей водоёмов обширной территории Южно-Таджикской депрессии изучен недостаточно. Данную территорию пересекают многоводные реки, а именно Пяндж, Вахш, Кафирниган, Кызылсу и множество небольших рек и ручьев. Здесь также сосредоточено несколько малых естественных озёр и множество родников, искусственных водоёмов, водохранилищ, хауз-бассейнов, биологических и рыбоводных прудов и т. д., биологическое разнообразие водорослей в которых изучено далеко не полностью.

В связи с этим, проведение детальных альгофлористических и альгоэкологических исследований и выяснение закономерностей распространения водорослей в зависимости от различных условий местообитаний в разнотипных водоёмах Южно-Таджикской депрессии является актуальным.

Цель и задачи работы – изучение водорослей и установление закономерностей распространения видов в разнотипных водоёмах и водотоках Южно-Таджикской депрессии.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

- выявить видовой и систематический состав водорослей;
- определить динамику видового состава альгофлоры;
- определить степень сходства и различия водорослей разнотипных водных объектов Южно-Таджикской депрессии;
- провести экологический анализ видового состава водорослей;
- провести сравнительные анализы альгофлоры Южно-Таджикской депрессии с альгофлорами других территорий Азии.
- составить полный систематический список водорослей, обнаруженных в водоёмах и водотоках Южно-Таджикской депрессии.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Диатомовые, цианопрокаринты и зелёные водоросли определяют основу биологического разнообразия альгофлоры Южно-Таджикской депрессии. Ядро альгофлоры во всех типах водных объектов сложено диатомовыми, что свидетельствует о большей их экологической толерантности к различным условиям обитания.

2. Низкая степень сходства видового состава водорослей водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии с таковой других азиатских регионов свидетельствует о высокой видовой специфичности альгофлоры исследованного региона.

3. Формирование водорослевых сообществ определяется конкретными экологическими условиями каждого из водных объектов. При увеличении минерализации, рН, трофности, сапробности и уменьшении высотного градиента возрастает роль семейств Euglenaceae, Oscillatoriaceae, Phacaceae, а роль Desmidiaceae, Naviculaceae, наоборот, уменьшается.

Научная новизна. Впервые проведено детальное альгофлористическое исследование разнотипных водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии. Впервые в плане водорослей изучены рр. Кулябдарья, Оби-Мазар, Оби-Тирра, Шурабдарья, Оби-Сурх, многочисленные ручьи, пруды-хаузы, родники в бассейнах указанных рек, а также озёра Гуликовское, Халка-Куль, Комсомольское, Гузаджог, Хаузи-Сир и др., Муминабадское, Сельбурское водохранилища, рыбоводные пруды Чубекского и Кулябского районов, многочисленные арыки, оросительные каналы и временные водоёмы.

Впервые проведен детальный экологический анализ альгофлоры и определена динамика видового состава водорослей, впервые установлена высокая экологическая толерантность диатомовых водорослей к различным условиям исследуемой территории.

Впервые составлен полный список водорослей, содержащий информацию об их встречаемости в водоёмах различного типа в Южно-Таджикской депрессии, с приведением экологической характеристики таксонов. В список вошли 1039 видов, представленных 1216 разновидностями и формами водорослей, относящихся к 315 родам, 135 семействам, 57 порядкам, 21 классу и 11 отделам. Нами выявлено 609 видов (695 видовых и внутривидовых таксонов), из которых 354 видовых и внутривидовых таксона указываются впервые для водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии. Среди них 52 таксона приводятся впервые для альгофлоры Таджикистана, а 13 видов, 2 разновидности и 1 форма являются новыми флористическими находками для Центральной Азии: *Phormidium autumnale* f. *uncinatum* (C.Ag.) Boye, *Pseudoncobyrsa lacustris* (Kirchn.) Geitl., *Spirulina princeps* W. et G.S. West (цианопрокариоты); *Phacus tortuosus* Roll (эвгленофитовые); *Navicula kotschy* Grun., *Fragilaria construens* var. *major* Cl.-Euler (диатомовые); *Coelastrum skujae* Korsh., *Lagerheimi aquadriseta* (Lemm.) G.M. Sm. (зелёные); *Closterium acutum* Bréb., *C. closteroides* (Ralfs) Louis et Peeters, *C. closteroides* var. *intermedium* (Roy et Biss.) Ruzhich., *Cosmarium hornavanense* Gutw., *C. minimum* W. et G.S. West, *C. trilobulatum* Reinsch., *Xanthidium smithii* Arch., *Chara inconnexa* Allen (стрептофитовые).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы состоит в обобщении и обсуждении полученных данных по систематическому составу альгофлоры разнотипных водных объектов Южно-Таджикской депрессии, что вносит вклад в развитие альгофлористических исследований в Центральной Азии. Показана специфичность альгофлоры исследуемой территории в сравнении с другими территориями Азии. Установлено, что основной вклад в биологическое разнообразие водорослей вносят диатомовые, цианопрокариоты и зелёные водоросли.

Оригинальные сведения о видовом составе водорослей, их экологии и степени их количественного развития в Нурекском, Муминабадском, Сельбурском и Головном водохранилищах, Джиликулском, Кулябском, Чубекском и Куйбышевском рыбоводных прудах служат научной основой для разработки мероприятий по зарыблению водохранилищ и рыбопрудов Таджикистана. Основные положения и результаты работы используются Национальным центром по биоразнообразию Республики Таджикистан и включены в лекционные и практические курсы для студентов биологических факультетов в вузах страны. Результаты исследования служат основным источником информации об альгофлоре исследуемой территории и войдут в очередное издание «Флоры споровых растений Таджикистана».

Апробация работы. Результаты и основные положения диссертации доложены в форме докладов на республиканских и международных конференциях: Международной конференции «Экологические особенности биологического разнообразия» (Куляб, 2011; Худжанд, 2013; Душанбе, 2015; Кургантюбе, 2017); XIII Международной

научной конференции альгологов «Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований» (Борок, 2013); Международной научной конференции «Сохранение биологического разнообразия Памира в условиях изменения климата» (Душанбе, 2014); Международной конференции «Роль Варзобской горно-ботанической станции «Кондара» в развитии экспериментальной ботаники, лесоводства и плодородия в Таджикистане» (Душанбе, 2014); Международной научной конференции «Проблемы систематики и географии водных растений» (Борок, 2015); Республиканской научной конференции «Состояние биологических ресурсов горных регионов в связи с изменением климата» (Хорог, 2016); Международной конференции «Сохранение разнообразия растительного мира в ботанических садах: традиции, современность, перспективы» (Новосибирск, 2016); XIX International Botanical Congress (Shenzhen, China, 2017).

В законченном виде работа доложена и обсуждена на расширенном заседании Отделов флоры и систематики растений, экологии и растительных ресурсов Института ботаники, физиологии и генетики растений АН РТ (Душанбе, 2017); на заседании межлабораторного научного семинара Института ботаники, физиологии и генетики растений АН РТ (Душанбе, 2018).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 38 работ. Из них 1 – монография, 16 – статей в рецензируемых изданиях, в том числе 12 – в списке, рекомендованном ВАК РФ, 1 работа – в международном издании, индексируемом в базе Scopus, 1 препринт, а также 19 тезисов докладов в материалах научных конференций.

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие в получении основных результатов диссертационной работы. Все полевые материалы собраны, обработаны и проанализированы лично автором.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы (359 наименований, в том числе 89 на иностранном и 2 на таджикском языках) и Приложения. Текст работы изложен на 327 страницах, включает 63 таблицы и 50 рисунков.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность своему научному консультанту академику АН РТ Х.Х. Хисориеву за помощь и поддержку в выполнении работы. Особую благодарность автор выражает к.б.н., проф. С.С. Бариновой (Институт эволюции университета Хайфы, Израиль) за консультации при проведении статистического и экологического анализов. Автор благодарен коллегам из лаборатории низших растений ЦСБС СО РАН: д.б.н. Ю.В. Науменко, д.б.н., проф. Н.В. Седельниковой и к.б.н. Р.Е. Романову за советы при выполнении диссертации. Часть камеральной обработки выполнена на оборудовании в Центре коллективного пользования ЦСБС СО РАН, большое спасибо А.А. Красникову за консультации. Также автор благодарен сотрудникам Отделов флоры и систематики растений, экологии и растительных ресурсов Института ботаники, физиологии и генетики растений АН РТ за проведение совместных полевых исследований и полезные консультации. Автор благодарен сотрудникам лаборатории популяционной биологии и биоморфологии ЦСБС СО РАН, особенно д.б.н., проф. В.А. Черемушкиной, к.б.н. А.Ю. Асташенкову и к.б.н. Г.Р. Денисовой за советы и поддержку.

Особую и самую глубокую благодарность и признательность выражаю своим родителям, жене и детям, поддерживавшим меня морально.

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ СЕТЬ ЮЖНО-ТАДЖИКСКОЙ ДЕПРЕССИИ

Южно-Таджикская депрессия занимает пониженную область горной системы Памиро-Алая и расположена к югу от высокогорий Гиссаро-Дарваза. Горным хребтам и грядам здесь соответствуют средние высоты 300-1700 м над ур. м. на юге и 2500-4000 м над ур. м. на северо-востоке региона. Территорию Южно-Таджикской депрессии пересекает несколько многоводных рек: Кафирниган, Вахш, Кызылсу, Яхсу, Таирсу и множество небольших речек. На данной территории действуют следующие крупные водохранилища: Муминабадское, Сельбурское, Сангтудинское, Байпазинское, Нурекское, а также очистные сооружения гг. Душанбе, Курган-Тюбе, Куляба, ряд рыболовных прудов и т. д.

На основании литературных источников приводятся общие данные по орографии, геологии, климату, гидрологической сети и основных поясах растительности Южно-Таджикской депрессии.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для исследования послужила 791 проба планктона, бентоса и обрастаний, собранная во время экспедиционных выездов на различные водоёмы Южно-Таджикской депрессии: реки, ручьи, водохранилища, озёра, мелководные водоёмы и т. д. с 2000 по 2015 гг. Из естественных водоёмов изучены рр. Вахш, Кафирниган (в среднем и нижнем течениях), Кызылсу, Яхсу, Таирсу, Кулябдарья, Оби-Мазар, Оби-Тирра, Шурабдарья, Оби-Сурх, многочисленные ручьи, пруды-хаузы, родники в бассейнах указанных рек, а также озёра пойменных водоёмов рек, а из искусственных водоёмов – Нурекское, Муминабадское, Сельбурское, Головное водохранилища, рыболовные пруды Джиликульского, Чубекекского и Кулябского районов, многочисленные арыки, оросительные каналы и др. (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема расположения водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии.

I – озёра бассейна р. Вахш; II – озёра бассейна р. Кафирниган; III – озёра бассейна р. Кызылсу;
● – места отбора альгологических проб.

Отбор альгологических проб, фиксирование, этикетирование и хранение проводились по методике сбора и изучения пресноводных водорослей (Голлербах, Полянский, 1951; Водоросли, 1989; Хисориев, 1993). Пробы транспортировались в лабораторию, где исследовались под микроскопами МБИ-3 и Carl Zeiss Jena с цветными цифровыми камерами высокого разрешения AxioCam MRC-5 и программой AxioVision 4.8 при увеличении 40×16 и 100×16. Для идентификации видов диатомовых водорослей проводили техническую обработку образцов по общепринятой методике исследования диатомей (Диатомовый анализ, 1949; Забелина, Киселев и др., 1951). Обработка альгологического материала производилась в лаборатории флоры и систематики талломных растений Института ботаники АН РТ и в лаборатории низших растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. Видовой состав определяли с помощью отечественных определителей, зарубежных сводок и атласов, а современные названия таксонов были уточнены с помощью Algaebase (Guiry M.D., Guiry G.M., 2015). Для проведения флористических анализов использовалась диаграмма зависимости Виллиса (Баринова и др., 2006; Willis, 1922, 1949; Varinova, 2011). Для эколого-географической характеристики видов использовались работы разных авторов (Макрушин, 1974; Хурсевич, 1976; Унифицированные ..., 1976, 1977; Вассер и др., 1989; Баринова и др., 2000, 2006).

В работе были также использованы некоторые методы и приёмы сравнительной флористики, применяемые для высших растений (Шмидт, 1980, 1984). Для определения уровня видового сходства альгофлор разных водоёмов использовали коэффициент Сёренсена-Чекановского (Шмидт, 1984). Статистический анализ взаимоотношений видового разнообразия в водорослевых сообществах и их экологических переменных были рассчитаны с использованием пакетов программ Statistica 7.0 и Microsoft Excel.

ГЛАВА 3. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ФЛОРЫ ВОДОРΟΣЛЕЙ ВОДОЁМОВ И ВОДОТОКОВ ЮЖНО-ТАДЖИКСКОЙ ДЕПРЕССИИ

В главе приводится литературный обзор работ, посвященных видовому разнообразию водорослей водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии. Критический анализ литературы показывает, что наиболее полно изучено видовое разнообразие лишь эвгленофитовых водорослей (Хисориев, 1993, 1997, 2006). Биоразнообразие других групп водорослей, в том числе синезелёных, диатомовых, зелёных, жёлтозелёных, золотистых и стрептофитовых данного региона изучено недостаточно, и только в отдельных водоёмах (Шмелева, 1973; Хисориев, 1981, 2006; Денисенко и Хисориев, 1998; и др.). До настоящего времени обобщающей работы по структуре и особенностям флоры водорослей Южно-Таджикской депрессии, её связях с аналогичными флорами других регионов земного шара, а также закономерностях экологического и географического распространения видов водорослей не имеется. До сих пор остаются нерешенными многие теоретические вопросы флористики, систематики, экологии и географии водорослей.

ГЛАВА 4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ВОДОРΟΣЛЕЙ ПО РАЗНЫМ ТИПАМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Гидрологическую сеть Южно-Таджикской депрессии составляют 5 групп или типов водоёмов: реки, озёра, водохранилища, рыбоводные и биологические пруды. Распределение таксонов водорослей по разным типам водных объектов неравномерное. Наибольшее видовое разнообразие водорослей характерно для речных (645 ввт) и озёрных экосистем (551 ввт). Во всех водоёмах и водотоках Южно-Таджикской депрессии наиболее разнообразно представлены отделы диатомовых, зелёных и цианопрокариот, которые занимают 3 ведущих места (рисунок 2).

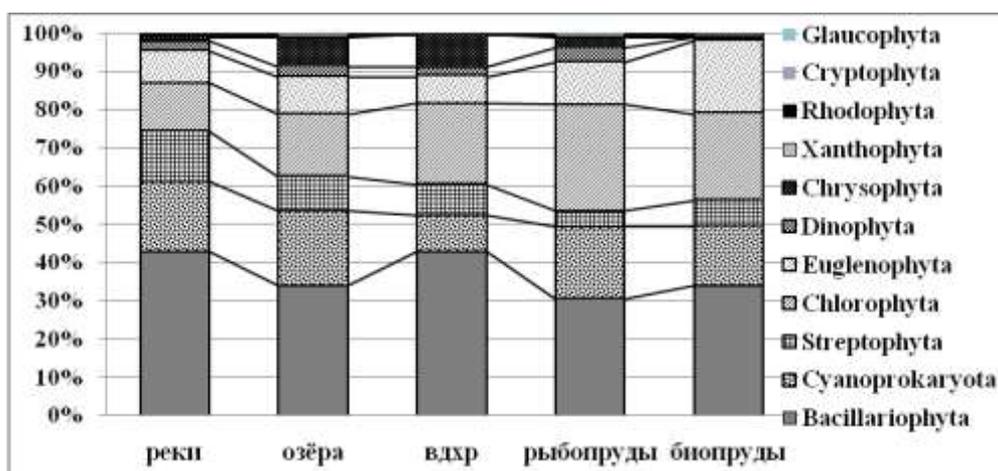


Рисунок 2 – Распределение отделов (%) в разнотипных водоёмах и водотоках Южно-Таджикской депрессии.

Данные сравнительного анализа 10 ведущих семейств альгофлоры представлены в таблице 1. В состав спектра вошло 16 семейств из 6 отделов – диатомовых (6), зелёных (5), эвгленофитовых (2), цианопрокариот, стрептофитовых и золотистых (по 1 семейству) водорослей. Спектр ведущих семейств выявил 4 семейства (*Bacillariaceae*, *Desmidiaceae*, *Euglenaceae* и *Scenedesmaceae*), представленных во всех разнотипных водоёмах и водотоках. Ранжирование по видовому богатству в альгофлоре разных водных объектах возглавляли *Desmidiaceae* (в реках и озёрах), *Euglenaceae* (в рыбо- и биопрудах) и *Dinobryaceae* (в водохранилищах).

Таблица 1 – Состав и ранговые места (м) семейств водорослей разнотипных водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии

Семейство	Реки		Озёра		Водоохранилища		Рыбопруды		Биопруды	
	м	ввт	м	ввт	м	ввт	м	ввт	м	ввт
<i>Desmidiaceae</i>	1	55	1	33	3	20	9-10	8	7	17
<i>Naviculaceae</i>	2	35	3-4	20	4-5-6-7	14	-	-	4	24
<i>Bacillariaceae</i>	3	33	5-6-7	19	2	21	3-4-5	12	9-10	9
<i>Euglenaceae</i>	4	32	2	29	4-5-6-7	14	1	17	1	34
<i>Oscillatoriaceae</i>	5	31	8	18	-	-	6	10	3	26
<i>Gomphonemataceae</i>	6	25	-	-	9-10	12	-	-	6	18
<i>Surirellaceae</i>	7	21	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scenedesmaceae</i>	8	20	4-6-7	19	4-5-6-7	14	2	14	5	19
<i>Cymbellaceae</i>	9	19	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chlorellaceae</i>	10	18	-	-	-	-	9-10	8	-	-
<i>Phacaceae</i>	-	-	3-4	20	8	13	7-8	9	2	31
<i>Selenastraceae</i>	-	-	-	-	-	0	3-4-5	12	8	10
<i>Hydrodictyceae</i>	-	-	-	-	-	0	7-8	9	9-10	9
<i>Oocystaceae</i>	-	-	9-10	12	9-10	12	3-4-5	12	-	-
<i>Dinobryaceae</i>	-	-	5-6-7	19	1	24	-	-	-	-
<i>Stephanodiscaceae</i>	-	-	9-10	12	4-5-6-7	14	-	-	-	-
Всего 10 семейств:	289		201		158		111		197	
%	44,74		39,26		42,47		45,31		51,98	

Численный состав и ранговое место ведущих родов альгофлоры Южно-Таджикской депрессии приведены в таблице 2. Всего в спектр ведущих таксонов вошло 18 родов из 5 отделов, в том числе: 9 родов диатомовых, 4 рода эвгленофитовых, 2 рода стрептофитовых и по 1 роду из отделов зелёных, цианопрокариот и золотистых

водорослей. Всего 2 рода были общими для всех разнотипных водоёмов и водотоков – *Cosmarium* и *Trachelomonas*, а 4 рода встречались только в одном из них.

Таблица 2 – Состав и ранговые места (м) родов разнотипных водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии

Род	Реки		Озёра		Вдхр.		Рыбопруды		Биопруды	
	м	ввт	М	ввт	м	ввт	м	ввт	м	ввт
<i>Cosmarium</i>	1	35	1	20	1	17	4-7	6	6	12
<i>Nitzschia</i>	2-3	25	2-3-4	15	2	14	1	9	-	-
<i>Navicula</i>	2-3	25	2-3-4	15	4-5	8	-	-	3-4	16
<i>Gomphonema</i>	4	19	-	-	6-10	7	-	-	7	11
<i>Phormidium</i>	5	18	6	12	-	-	2	8	1	18
<i>Closterium</i>	6	16	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trachelomonas</i>	7-8	15	7-8	9	6-10	7	4-7	6	8	10
<i>Surirella</i>	7-8	15	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinnularia</i>	9-10	12	-	-	6-10	7	4-7	6	9-10	8
<i>Cymbella</i>	9-10	12	9-10	8	-	-	-	-	-	-
<i>Euglena</i>	-	-	5	14	-	-	3	7	2	17
<i>Kephyrion</i>	-	-	7-8	9	4-5	8	-	-	-	-
<i>Cyclotella</i>	-	-	9-10	8	3	10	-	-	-	-
<i>Phacus</i>	-	-	2-3-4	15	6-10	7	8-9-10	5	5	14
<i>Fragilaria</i>	-	-	-	-	6-10	7	4-7	6	-	-
<i>Diatoma</i>	-	-	-	-	-	-	8-9-10	5	-	-
<i>Lepocinclis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3-4	16
<i>Scenedesmus</i>	-	-	-	-	-	-	8-9-10	5	9-10	8
Всего 10 родов:	192		125		92		63		130	
%	29,72		24,41		24,73		25,71		34,30	

Из приведённых в таблице 2 данных видно, что в подавляющем большинстве разнотипных водоёмов и водотоков первые три места по видовому богатству занимают роды *Cosmarium*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Phormidium*, *Euglena* и *Cyclotella*.

В общем, по структуре ведущих родов среди разнотипных водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии наиболее близкими оказались альгофлора биопрудов с рыбопрудом, а также альгофлора рек с альгофлорой озёр.

ГЛАВА 5. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ И СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗЫ АЛЬГОФЛОРЫ ВОДОЁМОВ И ВОДОТОКОВ ЮЖНО-ТАДЖИКСКОЙ ДЕПРЕССИИ

5.1. Таксономический анализ

В различных реках, озёрах, водохранилищах, прудах и пр. Южно-Таджикской депрессии обнаружено 1039 видов, представленных 1216 разновидностями и формами водорослей, относящихся к 315 родам, 135 семействам, 57 порядкам, 21 классу и 11 отделам (таблица 3).

Указанное число обнаруженных видов составляет 55,88 % видов всех известных таксонов альгофлоры Таджикистана. Видовое разнообразие альгофлоры исследованной территории довольно высокое и может быть сравнимо с флорами таких крупных регионов, как Турция (Aysel, 2004), Грузия (Канчавели, 1986), Иран (Ebadi et al., 2017) и Израиль (Varinova et al., 2011). Кривая Виллиса (Баринова и др., 2006; Varinova, 2011) флористического распределения имеет форму приближенной к гиперболической линии тренда, что свидетельствует о высоком коэффициенте сходства тренда (R2) и реального распределения видов по родам – 92 % (рисунок 3) и следовательно, составляет систему с достаточно хорошо изученным видовым составом, которую можно анализировать как альгофлору.

Таблица 3 – Таксономический состав альгофлоры Южно-Таджикской депрессии¹

№ п/п	Отдел	Число						% общего числа видов
		классов	порядков	семейств	родов	видов	ввт ²	
1	Цианопрокариота	1	6	25	61	193	212	17,43
2	Euglenophyta	1	3	7	20	111	136	11,18
3	Dinophyta	1	3	7	11	25	30	2,47
4	Cryptophyta	1	1	1	1	1	1	0,08
5	Chrysophyta	2	5	7	16	57	60	4,93
6	Bacillariophyta	3	17	34	82	333	418	34,38
7	Xanthophyta	1	3	5	5	13	13	1,07
8	Chlorophyta	6	13	38	98	187	204	16,78
9	Streptophyta	3	4	9	19	116	139	11,43
10	Glaucophyta	1	1	1	1	1	1	0,08
11	Rhodophyta	1	1	1	1	2	2	0,16
Всего:		21	57	135	315	1039	1216	100,00

Примечание: 1 – обобщенные данные; 2 – видовые и внутривидовые таксоны.

Ведущая роль в формировании альгофлоры водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии принадлежит представителям трех отделов водорослей: Bacillariophyta (34,38 %), Цианопрокариота (17,43) и Chlorophyta (16,78 %), которые вместе составляют 68,59 % общего числа ввт. Среди 135 семейств ведущую роль в сложении альгофлоры исследуемого региона играют представители 10 семейств и 10 родов (рисунки 4, 5).

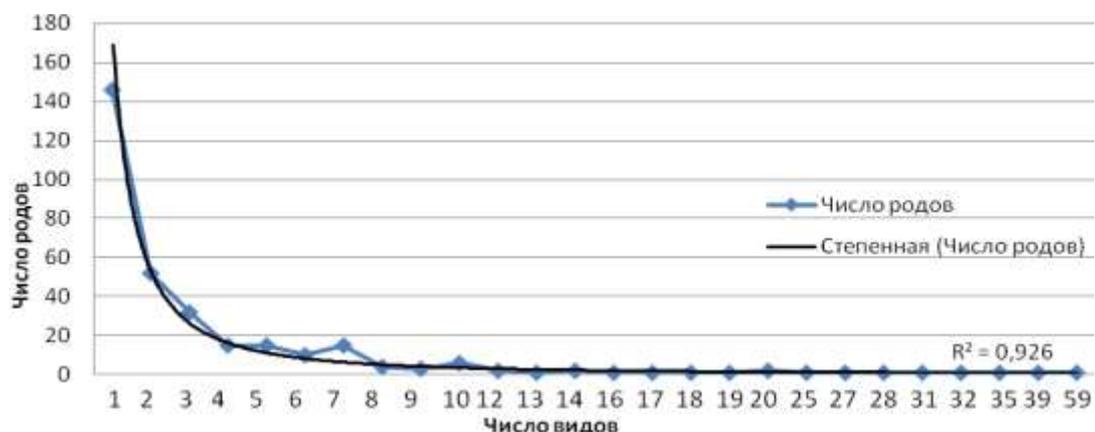


Рисунок 3 – Зависимость Виллиса для альгофлоры Южно-Таджикской депрессии.

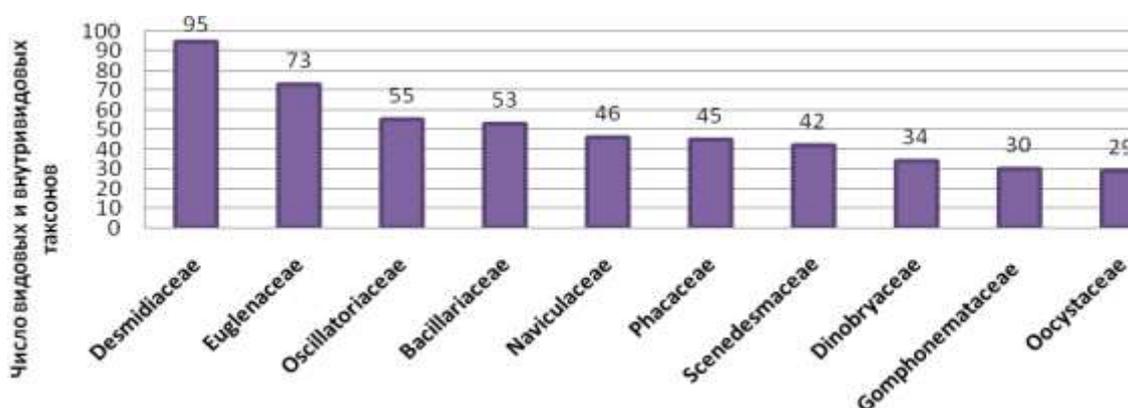


Рисунок 4 – Вклад (ввт) ведущих семейств водорослей в альгофлору Южно-Таджикской депрессии.

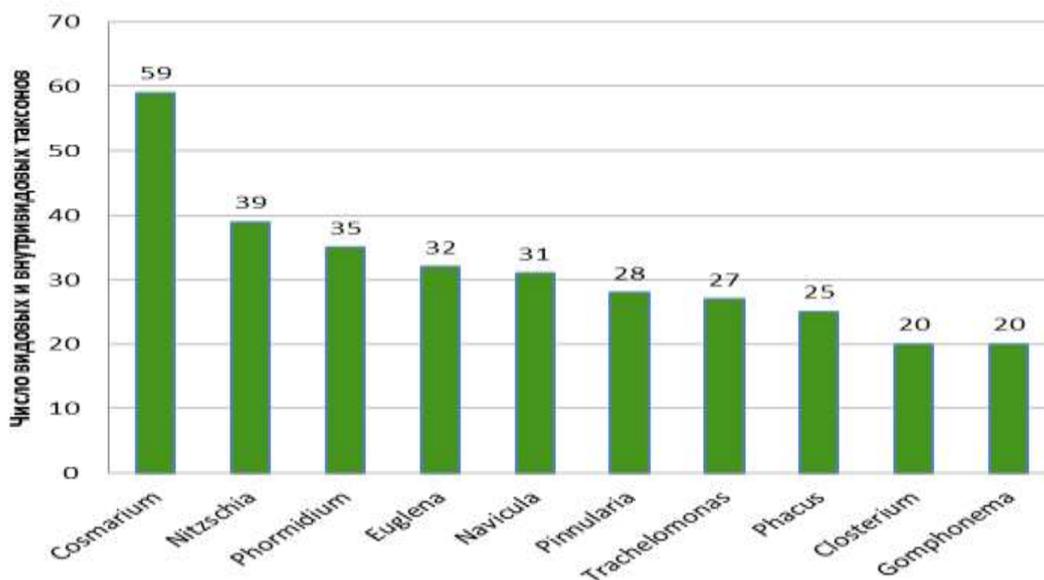


Рисунок 5 – Вклад (ввт) ведущих родов водорослей в альгофлору Южно-Таджикской депрессии.

Головную часть 5 ведущих семейств или ядро альгофлоры Южно-Таджикской депрессии составляют Desmidiaceae, объединяющие 95 ввт (7,81 % всей альгофлоры), Euglenaceae (6,00 %), Oscillatoriaceae (4,52), Bacillariaceae (4,44) и Naviculaceae (3,87 %). Из 315 родов лишь 10 были крупнейшими родами альгофлоры Южно-Таджикской депрессии. Среди них роды *Cosmarium* (4,85 %), *Nitzschia* (3,21), *Phormidium* (2,88), *Navicula* и *Euglena* (по 2,63 %) составляли головную часть ведущих родов альгофлоры региона.

5.2. Систематическая структура альгофлоры

В сложении альгофлоры Южно-Таджикской депрессии ведущее место по разнообразию ввт из 11 отделов принадлежит диатомовым и цианопрокариотам, которые вместе составляют более половины (51,81 %) альгофлоры исследованного региона. Менее разнообразны по видовому составу зелёные (16,78), стрептофитовые (11,4) и эвгленофитовые (11,18 %) водоросли. Долевое участие других отделов (золотистые, жёлтозелёные, красные, криптофитовые и глаукофитовые) в формировании альгофлоры водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии не столь заметно (рисунок 6).

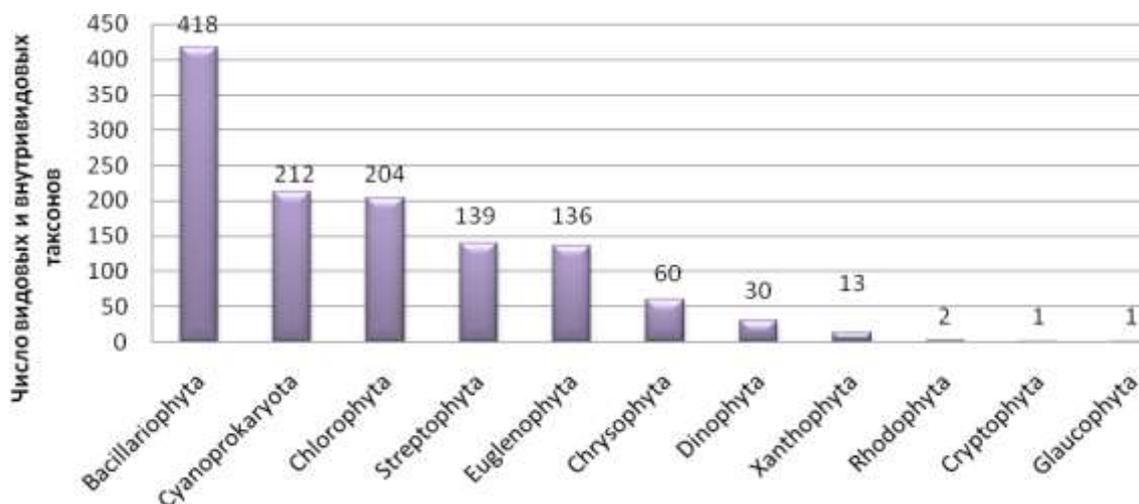


Рисунок 6 – Соотношение отделов в альгофлоре Южно-Таджикской депрессии.

Биоразнообразии водорослей, выраженное числом видов (альфа-разнообразие), используется для анализа представленности сосудистых растений во флористическом аспекте (Шмидт, 1974). Перечень видов индивидуален для каждой изучаемой флоры, а систематическая структура – это одно из свойств флоры, как географически очерченного комплекса видов (Толмачев, 1974). Одним из важнейших аспектов изучения и сравнения флор является анализ систематического состава, в ходе которого возникает потребность в подсчете некоторых величин и в вычислении ряда количественных показателей (Шмидт, 1974).

В главе проведен сравнительный анализ данных о таксономическом составе водорослей в разнотипных водных объектах Южно-Таджикской депрессии, а также водоёмах и водотоках соседних регионов.

5.3. Структурный анализ

5.3.1. Пропорции флоры. Для более полной характеристики систематического разнообразия изученной альгофлоры были рассчитаны «пропорции флоры» (Толмачев, 1974) – среднее число видов в семействе – в/с, среднее число родов в семействе – р/с и среднее число видов в роде – в/р. Богатство флоры характеризуется повышенными значениями этих показателей (Шмидт, 1980, 1984). По мнению М. В. Гецен (1985), пропорции флоры, тесно связаны с экологическими факторами, поэтому они могут быть использованы для характеристики альгофлор различных природных зон.

Пропорции флоры для водоёмов Южно-Таджикской депрессии составили 1: 2,32 : 7,69, что говорит о низкой насыщенности семейств родами и видами. Значение общего родового коэффициента равно 3,32

Сравнение значений родового коэффициента по отделам показало, что наибольшим видовым богатством характеризуются Streptophyta (родовой коэффициент равен 6,11), Euglenophyta (5,55) и Bacillariophyta (4,10), а самые низкие – Chlorophyta (1,91), Dinophyta (2,27) и Xanthophyta (2,60). Такое соотношение основных таксономических единиц характерно для горных альгофлор (Ярушина и др., 2004; Стерлягова, 2009). Родовая насыщенность Chlorophyta оказалась ниже среднего значения, что можно объяснить большим числом монотипных и маловидовых родов, формирующих этот отдел.

5.3.2. Специфичные роды. Флоры различных водных объектов отличались между собой также по составу и структуре родов водорослей. Сравнительный анализ видового состава альгофлоры в разнотипных водных объектах показывает, что каждый из них характеризуется довольно своеобразным комплексом видов. Число специфических родов для естественных объектов достаточно велико, больше, чем для искусственных. Всего выявлено 89 специфических родов, которых больше всего оказалось в реках (29 родов) и озёрах (27 родов), то есть объектах естественного происхождения. В искусственных водоёмах оказались специфичными по 13 родов в био- и рыбопрудах, а в водохранилищах встречалось всего 7 специфических родов.

В качестве примера укажем, что такие роды, как *Chondrocystis*, *Nodularia*, *Calothrix*, *Scytonema*, *Scytonematopsis*, *Hydrurus*, *Eucocconeis*, *Draparnaldia*, *Hyalotheca* и др. обнаружены лишь в реках, а *Chaetophora*, *Cryptoglana*, *Cryptomonas*, *Enallax*, *Euastrum*, *Microchaete*, *Synura*, *Sorastrum*, *Uroglena* и др. – в озёрах, *Hapalosiphon*, *Macrospermum*, *Macrochloris*, *Tetrapedia*, *Glaucocystis* и др. – в рыбопрудах, *Aphanochaete*, *Chlorogonium*, *Pedinomonas*, *Pseudoperanema*, *Rossithidium*, *Schizomeris*, *Tolypothrix* и др. – в биопрудах и т. д.

5.3.3. Редкие таксоны водорослей Южно-Таджикской депрессии. В число редких видов были включены таксоны водорослей, которые встречаются в естественных водоёмах и водотоках Центральной Азии очень редко или известны лишь из ограниченного ряда мест. В Южно-Таджикской депрессии из выявленных водорослей 108 видов (123 ввт или около 9 % альгофлоры) являются редкими, они относятся к 9 отделам (Бобоев, 2009; Бобоев, Науменко, 2015; Романов, Бобоев, 2015). Из них 16 таксонов впервые приводятся для альгофлоры Центральной Азии. Среди них особое внимание заслуживают таксоны, которые известны у нас из единичных местонахождений, а также очень редко встречаются на территории Азии.

В Красную книгу Таджикистана (Китобисурхи..., 2015) внесены 9 редких видов водорослей. Из них 4 вида (*Uronema confervicolum*, *Schizomeris leibleinii*, *Sphaeroplea wilmanii* и *Batrachospermum gelatinosum*) встречаются в водоёмах и водотоках Южно-Таджикской депрессии.

Из цианопрокариот к редким можно отнести малоизученный вид *Pseudoncobyrsa lacustris*, собранный в оз. Комсомольском вблизи г. Куляба. Вид до сих пор был известен в водоёмах и водотоках Западной Сибири, Эстонии, Украины, Германии (Голлербах и др., 1953; Коваленко, 2009), Румынии (Caraus, 2002, 2012). В Азии вид отмечен в Грузии (Varinova, Kukhaleishvili, 2014), Республике Хакасия (Макеева, Науменко, 2015), верхней Оби (Mitrofanova, 2015) и оз. Чаны (Обзор экологического..., 2015).

Из диатомовых водорослей к редкими видами можно отнести *Navicula kotschyi* и *Frustulia asiatica*. Вид *Navicula kotschyi* впервые нами собран из нижнего течения р. Кызылсу среди обрастаний, он встречается очень редко (Бобоев, Науменко, 2015). На территории Азии данный вид отмечен в Израиле (Varinova et al., 2010a), Пакистане (Munir, 2012), России, Телецкое озеро (Ким, 2014). *Frustulia asiatica* – очень редкая водоросль, отмечена только одна находка популяции на территории Южно-Таджикской депрессии в р. Яхсу, около г. Куляба. В континентальных водоёмах и водотоках Азии этот вид встречается в Китае, Японии, Монголии (Skvortzow, 1938; Metzeltin et al., 2009; Дорофеюк, 2010).

Целый ряд десмидиевых водорослей, таких как *Closterium acutum* Bréb., *C. closteroides*, *Cosmarium hornavanense*, *C. minimum*, *C. circulare*, *C. trilobulatum*, *C. tyrolicum*, *Xanthidium smithii* относятся к редким таксонам. Они известны у нас из единичных местонахождений, а также все новые для Центральной Азии (Бобоев, 2016; Бобоев, Науменко, 2016).

5.3.4. Анализ подходов выделения головной части таксономического спектра альгофлоры. Альгологи флористы обычно рассматривают структуру альгофлоры в целом, что для полных альгофлор (Медведева и др., 1986; Баринава и др., 2006; Varinova et al., 2004, 2005, 2006а, б) используется не только в плане констатации, описания имеющейся флоры, но также служит и для сравнительной флористики (Анисимова, Баринава, 2004). При этом существенной проблемой является определение, что такое флора у пресноводных водорослей (Varinova et al., 2013а).

Одним из критериев применимости метода считается представленность в 10 ведущих семействах более 50 % видового состава флоры. Закономерность выделена Б.А. Юрцевым (1968) для флор сосудистых растений, в которых 10 семейств всегда представляют половину и более таксономического списка, а в арктических флорах – даже более 70 %. Головная часть таксономического спектра, выделенная тремя методами (10 ведущих таксонов; 50 % списка; головная часть списка, определенная линией стандартного отклонения), отличалась как по количеству, так и по составу ведущих таксонов (таблица 4).

Таблица 4 – Число таксонов, участвующих в анализе флоры водорослей Южно-Таджикской депрессии, проведенном разными методами

Таксон	Число таксонов, участвующих в анализе		
	10 таксонов	50 %	STDEV
Отдел	10	3	5
Класс	12	3	5
Порядок	15	7	13
Семейство	21	16	27
Род	29	41	58

В таблице 4 показано, что при выделении 10 таксонов, в анализ входили 10 отделов, тогда как 50 % видового состава выделяло только 3 отдела, а по стандартному отклонению их было 5. Та же закономерность наблюдалась при выделении ведущих классов и порядков. Однако в анализе семейств и родов число таксонов, включенных в анализ, явно росло.

Сравнение результатов анализа сообществ по высотному градиенту представлено в таблице 5. Видно, что процент видового состава по таксонам, участвующим в анализе флоры водорослей, не одинаков при разном подходе выделения головной части таксономического спектра. В качестве критерия достоверности было принято значение стандартного отклонения (STDEV) для каждого анализируемого множества.

Таблица 5 – Видовой состав (%) по таксонам, участвующим в анализе флоры водорослей Южно-Таджикской депрессии разными методами¹

Метод. Таксон	500 м над ур. м.	1000 м над ур. м.	1500 м над ур. м.	2000 м над ур. м.	2500 м над ур. м.
10 таксонов. Отдел	100	100	100	100	100
10 таксонов. Класс	96	100	95	100	100
10 таксонов. Порядок	72	73	73	79	98
10 таксонов. Семейство	46	49	52	54	92
10 таксонов. Род	19	27	28	32	81
50 % таксонов. Отдел	71	61	60	66	83
50 % таксонов. Класс	63	61	51	58	83
50 % таксонов. Порядок	54	52	54	56	80
50 % таксонов. Семейство	52	51	52	54	78
50 % таксонов. Род	50	50	51	51	66
STDEV. Отдел	89	77	87	96	83
STDEV. Класс	74	83	83	85	83
STDEV. Порядок	72	73	62	83	82
STDEV. Семейство	74	67	55	76	83
STDEV. Род	69	56	65	49	100

Примечание: 1 – критерием достоверности принято считать значение стандартного отклонения (STDEV) для каждого анализируемого множества. Жирным шрифтом выделены достоверные результаты.

Результаты расчетов по методам 10 таксонов и 50 % видового состава мы сравнили с процентным составом, выделенным статистическим анализом по методу STDEV. В целом картина представленности выглядит неплохо, почти везде учтено от 50 до 100 % видового состава. Однако статистически достоверным (соответствует данным, полученным

Первый кластер представляет флоры рр. Яхсу, Таирсу и Кызылсу, все 3 реки относятся к бассейну р. Кызылсу. Их уровень сходства составляет от 43 до 57 %. Второй кластер включает виды из рр. Вахш и Кафирниган, имеющих, преимущественно, ледниково-снеговой тип питания. Сходство между флорами этих рек имело более низкое значение, чем в первом кластере, и составило 36 %.

Дендрит включения-пересечения был построен на основе выявленного видового состава водорослей рек Южно-Таджикской депрессии (рисунок 8). Дендрит показывает наибольшее сходство (63 %) между флорами рр. Яхсу и Таирсу, расположенных недалеко друг от друга и относящихся к одному водосборному бассейну р. Кызылсу. Видовой состав р. Яхсу был также сходен на 56 % с видовым составом р. Кызылсу с аналогичными гидрологическими условиями. Широкими чёрными линиями соединены наиболее близкие по видовому составу реки. Обращает на себя внимание, что только 3 из 5 (63 %) сравниваемых объектов оказались флористически близкими. Реки Кафирниган и Вахш отходили далеко от р. Яхсу и дали слабое сходство, 39 и 37 % соответственно. Таким образом, гидрология каждой из рек оказывает существенное влияние на формирующийся видовой состав, и, следовательно, разнообразие видов может быть использовано в качестве гидрологического маркера для рек исследуемого региона.

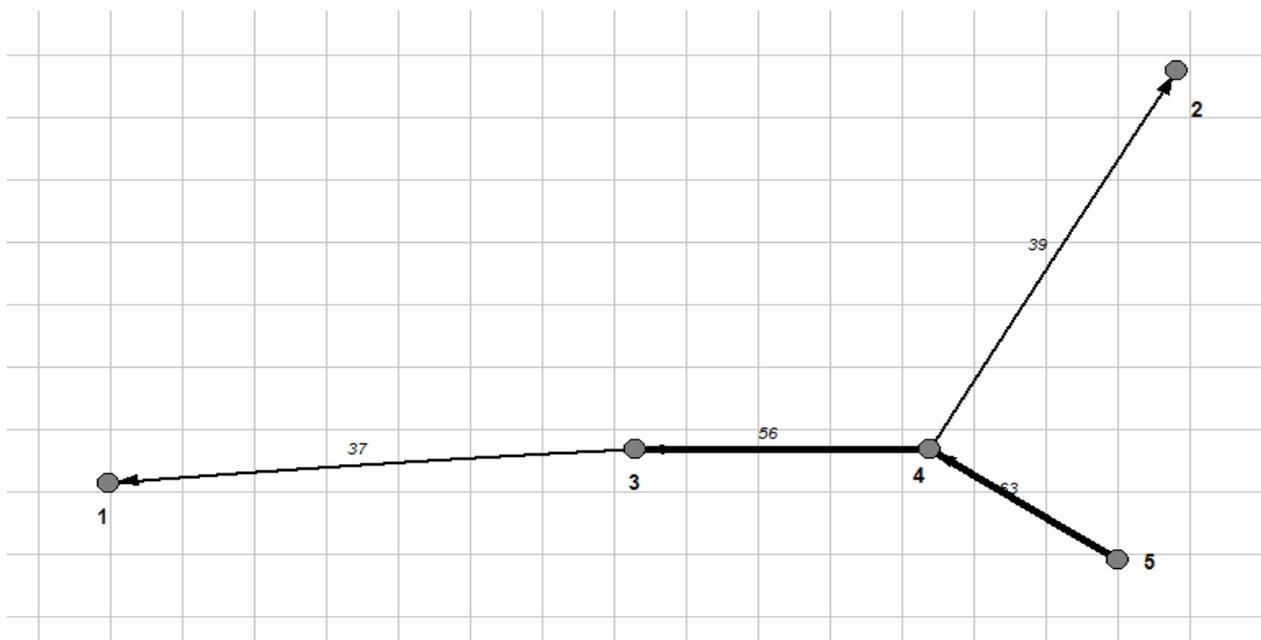


Рисунок 8 – Дендрит включения-пересечения видового состава рек Южно-Таджикской депрессии. Жирные линии представляют собой наиболее пересекающиеся между собой флоры.

Обозначения рек см. рисунок 7.

Флористическое сравнение видового богатства в стоячих водоёмах и кластеризация, основанная на уровне подобия с помощью Евклидовой дистанции, разделили водорослевое разнообразие на уровне сходства более 45 % на четыре различных группы (рисунок 9). Из рисунка можно видеть, что к первой группе относятся водохранилища и биопруды, где уровень сходства видовых составов в Муминабадском и Сельбурском водохранилищах был более высоким, но значительно отличался от флоры биопрудов. Коэффициент сходства для видового состава обеих водохранилищ составил 81 %, что связано со сходными специфическими условиями и происхождением этих водоёмов. Во второй группе были только сообщества озёр бассейнов рек, где

наибольшее сходство (73 %) было у разнообразия озёр бассейнов рр. Кафирниган и Кызылсу. Третий кластер формируется из флор двух водохранилищ (Нурекское и Головное) и водоёмов горы Ходжа-Мумин (69-77 %). Самое высокое сходство отмечается в четвертом кластере, в который входили только рыбопруды. Здесь сходство в попарном сравнении было близким между видовым составом Кулябского и Чубекского рыбопрудов (85 %), а также между составом водорослей в Джиликульском и Куйбышевском (77 %) рыбопрудах.

Также для водоёмов Южно-Таджикской депрессии строили дендрит включения-пересечения видового состава на основе показателей коэффициента Сёренса-Чекановского (рисунок 10). Дендрит показывает пять различных ветвей. Как можно видеть, наиболее близким было разнообразие в первой ветви между Кулябским и Чубекским рыбопрудами (70 %). Водоёмы этой группы расположены близко друг к другу и имеют аналогичную гидрологию. Вторая ветвь образована флорами водохранилищ с высоким сходством (63 %). Третья ветвь со средним сходством (42-43 %) образована группой озёр, расположенных в бассейнах рек. Последнее две группы включали в себя биопруды и водные объекты горы Ходжа-Мумин, которые имели самое слабое сходство (31 и 20 % соответственно) среди водоёмов Южно-Таджикской депрессии.

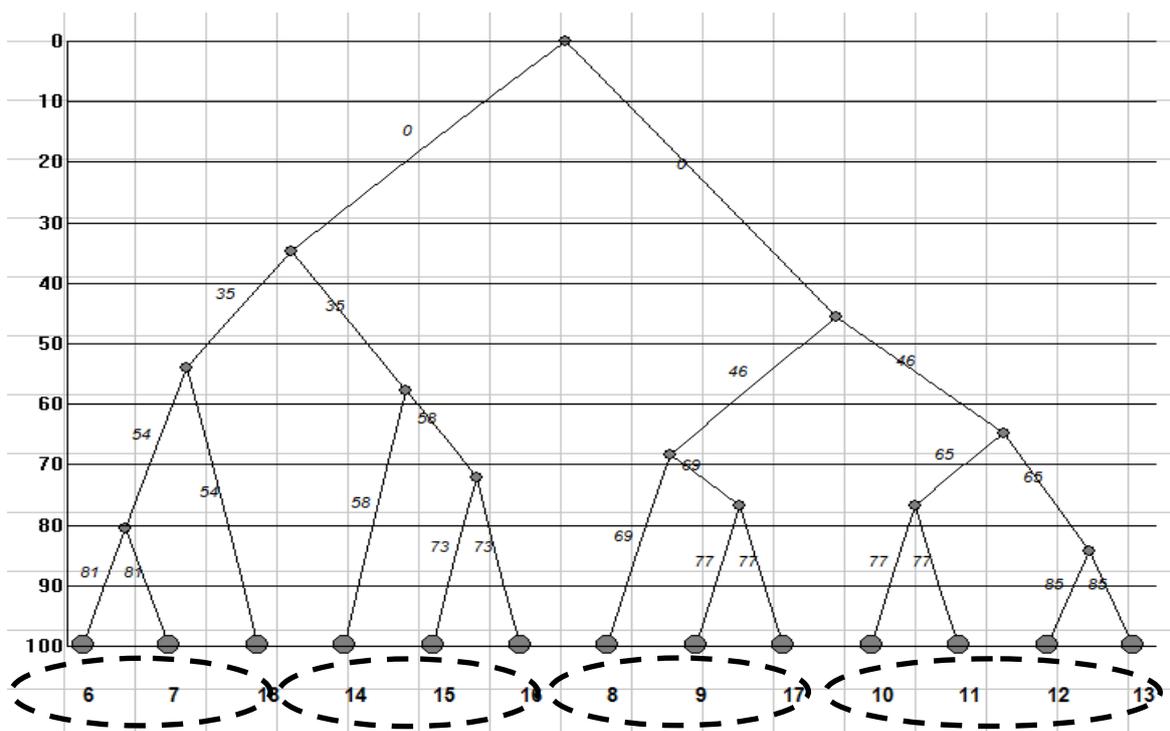


Рисунок 9 – Дендрограмма сходства по Евклидовой дистанции для альгофлоры водоёмов Южно-Таджикской депрессии.

Группа 1: 6 – Муминабадское вдхр., 7 – Сельбурское вдхр., 18 – биопруды; группа 2: 14 – озёра бассейна р. Вахш, 15 – озёра бассейна р. Кафирниган, 16 – озёра бассейна р. Кызылсу; группа 3: 8 – Нурекское вдхр., 9 – Головное вдхр., 17 – гора Ходжа-Мумин; группа 4: 10 – Джиликульский рыбопруд, 11 – Куйбышевский рыбопруд, 12 – Чубекский рыбопруд, 13 – Кулябский рыбопруд.

В целом, сравнение включения-пересечения флор водоёмов Южно-Таджикской депрессии показало, что гидрология имеет решающую роль в формировании видового состава водоёмов.

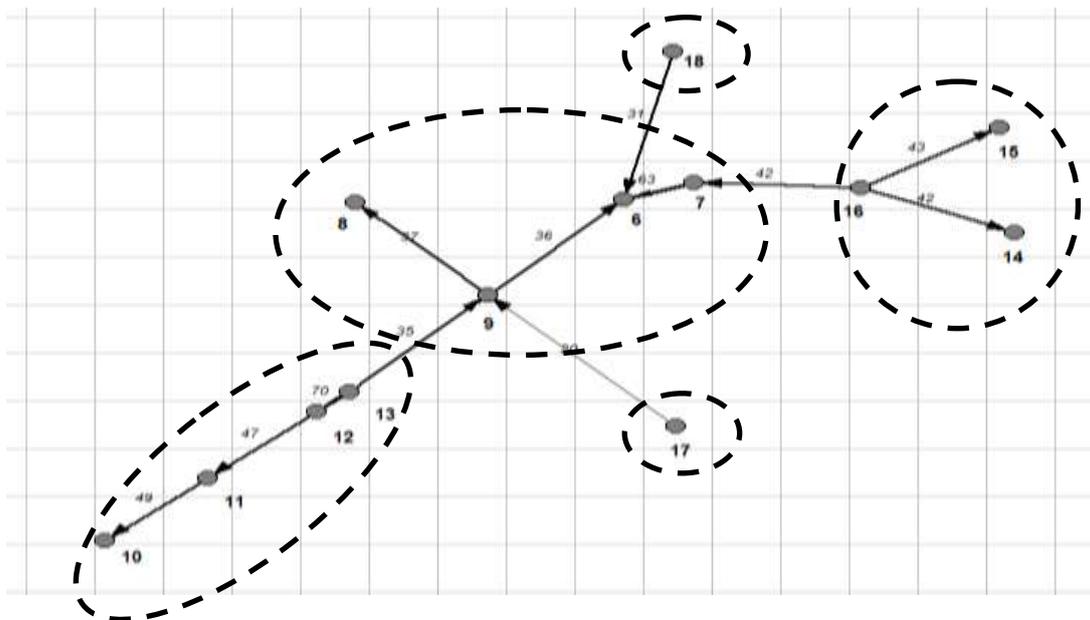


Рисунок 10 – Дендрит включения-пересечения видового состава водоёмов Южно-Таджикской депрессии. Жирные линии представляют собой наиболее перекрывающиеся флоры. Обозначения водоёмов см. рисунок 9.

5.3.6. Сравнительный анализ альгофлоры водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии с альгофлорой других регионов. Представление о флоре и своеобразии её видового и таксономического разнообразия можно составить при сравнении конкретной флоры (например, альгофлоры Южно-Таджикской депрессии) с флорами других, достаточно полно изученных регионов мира. Эти регионы могут отличаться площадью, а также общей численностью видов.

Большой интерес представляет сравнение ведущих семейств и родов в альгофлоре водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии с таковыми в крупных водных объектах Таджикистана и других на территории Азии. Сравнение проводилось со следующими объектами: Памир, Туркменистан, Иран и Монголия.

Приводя основные результаты сопоставления роли разных семейств во флорах указанных выше регионов, сразу необходимо оговорить неравноценность данных, на основании которых проводится сравнение. Это зависит от различных гидрологических и гидрохимических режимов водных объектов (таблица 6) и степени их изученности.

При сравнении с составом альгофлоры Памира в первую очередь обращает на себя внимание значительная роль эвгленофитовых водорослей в Южно-Таджикской депрессии, где семейство *Euglenaceae* занимает 2-е место против 8-го на Памире. Семейство *Phacaceae* заняло 6-е место в нашей флоре, а на Памире оно не попало в 10 ведущих. Это объясняется тем, что крайне высоки скорости течения и низка температура воды в вегетационный период в нашем регионе, по этим же причинам на Памире невелика роль эвгленофитовых водорослей. На Памире несколько выше значение семейств *Oscillatoriaceae* (1-е место против 3-го в Южно-Таджикской депрессии), *Naviculaceae* (3-е против 5-го) и *Cymbellaceae* (5-е против 9-го), представители данных семейств особенно многочисленны в горных водотоках Памира.

При сравнении водорослей водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии и Ирана обращает на себя внимание невысокое положение в Иране видового разнообразия семейств *Desmidiaceae* (3-е место против 1-го в Южно-Таджикской депрессии) и *Euglenaceae* (5-е место против 2-го). На территории Ирана семейства *Naviculaceae*,

Bacillariaceae и Cymbellaceae занимают 3 ведущих места (соответственно 1-е, 2-е и 6-е против 5-го, 4-го и 9-го в Южно-Таджикской депрессии). Представители семейств Scenedesmaceae и Dinobryaceae, которые в нашей флоре занимали 7-е и 10-е места соответственно, в водоёмах и водотоках Ирана не попали в 10 ведущих семейств.

Таблица 6 – Место ведущих семейств в альгофлорах водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии и флорах некоторых других регионов Азии

Отделы	Южно-Таджикская депрессия	Памир	Иран	Туркменистан	Монголия
Desmidiaceae	1	2	3	1	2
Euglenaceae	2	8	5	-	-
Oscillatoriaceae	3	1	4	3	-
Bacillariaceae	4	4	2	2	3
Naviculaceae	5	3	1	4	1
Phacaceae	6	-	7	-	-
Scenedesmaceae	7	-	8	9-10	9-10
Nostocaceae	8	7	10-11	5	9-10
Cymbellaceae	9	5	6	6	4
Dinobryaceae	10	-	-	-	-
Gomphonemataceae	-	10	-	8	5
Pinnulariaceae	-	9	9	-	6
Surirellaceae	-	-	10-11	9-10	7-8
Stephanodiscaceae	-	-	-	-	7-8

При сравнении альгофлоры Южно-Таджикской депрессии с флорой Туркменистана видно, что семейства Desmidiaceae и Oscillatoriaceae занимают 1-е и 3-е место соответственно, для обоих регионов. Также обращает на себя внимание, что роль эвгленофитовых водорослей в водных объектах Туркменистана незначительна, и они не попали в 10 ведущих семейств. Это объясняется тем, что эвгленофитовые в них специально не исследовались, как показал анализ ряда работ, посвящённых флоре водорослей водоёмов и водотоков Туркменистана. В водоёмах и водотоках Туркменистана несколько выше значение семейств диатомовых водорослей Bacillariaceae (2-е место против 4-го в Южно-Таджикской депрессии), Naviculaceae (4-е против 5-го) и Cymbellaceae (6-е против 9-го).

При сравнении водорослей водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии с флорой Монголии обращает на себя внимание отсутствие 4 семейств (Euglenaceae, Oscillatoriaceae, Phacaceae и Dinobryaceae). Высокое положение и видовое богатство в альгофлоре Монголии показали семейства Naviculaceae (1-е место против 4-го в Южно-Таджикской депрессии), Bacillariaceae (3-е против 4-го) и Cymbellaceae (4-е против 9-го). Семейство Desmidiaceae занимает 2-е место в альгофлоре Монголии.

Таким образом, из 14 семейств, входящих в спектр ведущих таксонов, 5 являются общими для флор всех сравниваемых регионов, причем из них Desmidiaceae, Naviculaceae и Bacillariaceae (соответственно, 1-3-е, 1-5-е и 2-4-е места) показали высокие ранговые места.

Результаты сравнения численного состава ведущих родов альгофлоры Южно-Таджикской депрессии с таковыми во флорах других регионов Азии приведены в таблице 7. Видно, что в подавляющем большинстве регионов первые три места по видовому богатству занимают роды *Cosmarium*, *Nitzschia* и *Navicula*. Сравнимые аль-

гофлоры отличаются 1-5 ведущими родами. По составу ведущих родов существенно отличается альгофлора Монголии, где отсутствуют 5 (*Phormidium*, *Euglena*, *Trachelomonas*, *Phacus*, *Closterium*) родов из эвгленофитовых, цианопрокариот и стрептофитовых водорослей. В альгофлоре Ирана и Монголии первое место по богатству таксонов занимает род *Navicula*, который во флоре других регионов, имеет второе (Памир), третье (Туркмениста) и четвертое места (Южно-Таджикская депрессия). Довольно интересным можно считать тот факт, что в альгофлоре Монголии среди ведущих родов по богатству таксонов важную роль играли только представители диатомовых (8 родов) и стрептофитовых (*Cosmarium*, *Staurastrum*) водорослей. Наибольшим таксономическим разнообразием в альгофлоре Монголии отличались диатомовые водоросли, которые составляли 58,3 % от общего видового состава, что весьма обычно для водоёмов умеренных широт. Роды остальных отделов в альгофлорах данного региона не попали в список 10 ведущих.

Таблица 7 – Ранговые места ведущих родов водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии в сообществах других регионов

Род	Южно-Таджикская депрессия	Памир	Иран	Туркменистан	Монголия
<i>Cosmarium</i>	1	1	3	2	3
<i>Nitzschia</i>	2	3	2	1	2
<i>Phormidium</i>	3	4	5-6	4	-
<i>Navicula</i>	4	2	1	3	1
<i>Euglena</i>	5	-	5-6	-	-
<i>Pinnularia</i>	6	5	4	8	4
<i>Trachelomonas</i>	7	8	-	-	-
<i>Phacus</i>	8	9-10-11	9-10	-	-
<i>Gomphonema</i>	9	6	9-10	6-7	5
<i>Closterium</i>	10	9-10-11	7-8	6-7	-
<i>Surirella</i>	-	-	-	-	6-7
<i>Staurastrum</i>	-	9-10-11	-	-	6-7
<i>Cymbella</i>	-	7	-	6	8
<i>Eunotia</i>	-	-	-	-	9
<i>Cyclotella</i>	-	-	-	-	10
<i>Fragilaria</i>	-	-	7-8	9	10-11

В общем, по структуре ведущих родов водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии среди регионов стран Азии наиболее близкой оказалась альгофлора Памира, а наименее сходной была альгофлора Монголии. Видовой состав и структура альгофлоры Ирана оказались наиболее близкими с флорой Монголии – первые 4 ведущих места совпадают.

Для количественного сравнения видового состава альгофлоры разнотипных водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии с флорами других регионов Азии (Памир, Иран, Туркменистан, Монголия) использовали коэффициент Сёрнсена-Чекановского (рисунок 11).

Сравнение видового состава водорослей во флорах этих регионов показано на дендрограмме, где выделяются два кластера на уровне сходства 30 % (см. рисунок 11). Из рисунка видно, что первый кластер включает флоры Южно-Таджикской депрессии, Памира и Туркменистана на уровне сходства 40 %, причем сходство с альгофлорой Туркменистана было наибольшим (52 %), а с альгофлорой Памира – более низким (42 %).

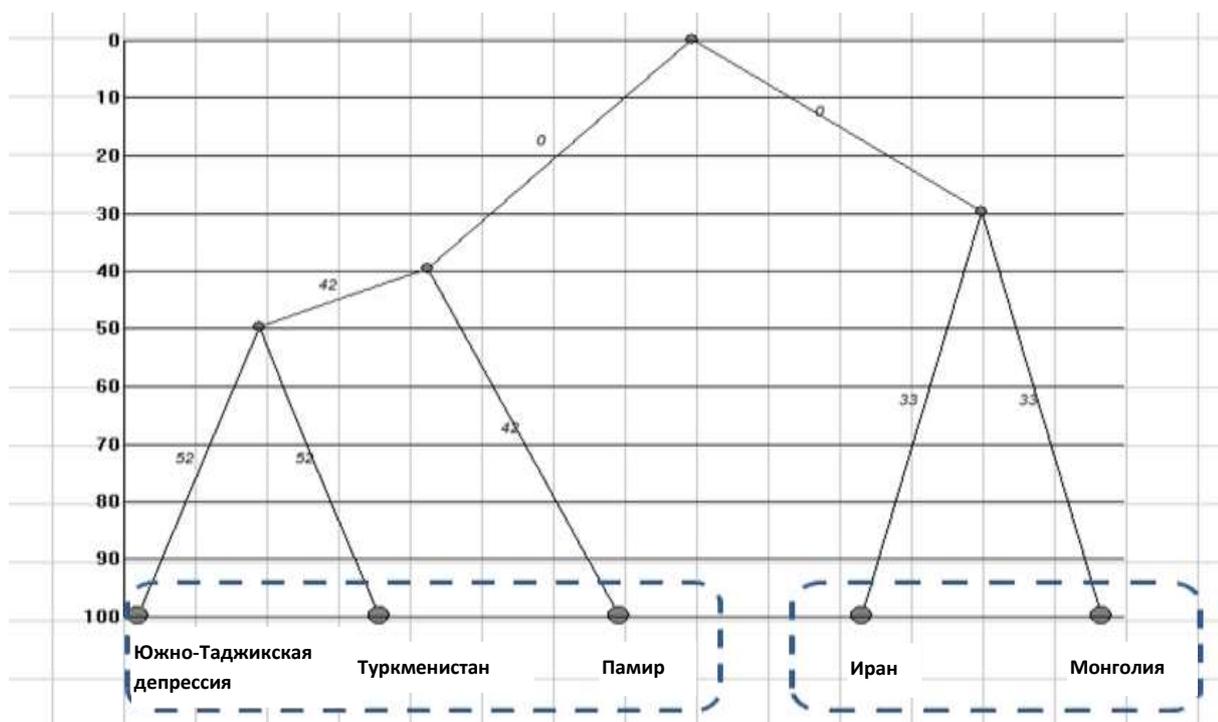


Рисунок 11 – Дендрограмма сходства видового состава в альгофлорах сравниваемых регионов.

Второй кластер включал альгофлоры Ирана и Монголии, которые существенно отличались от флор первого кластера, и имели между собой невысокое сходство (33 %). В целом, можно заключить, что географическая позиция, а также различия гидрологических и гидрохимических режимов в водотоках и водоёмах сравниваемых территорий имели существенное влияние на формирование видового состава флоры региона.

5.3.7. Общая ботанико-географическая характеристика водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии. В водоёмах и водотоках исследуемого региона обнаружено 820 таксонов водорослей с известным фитогеографическим ареалом, что составляет 67,43 % от общего числа таксонов. Большинство таксонов (589 ввт или 48,44 %) принадлежат космополитам, среди которых больше всего было диатомовых (265 ввт), цианопрокариот (107) и зелёных (100 таксонов) водорослей. Присутствие космополитов в разнотипных водоёмах и водотоках оказалось выше 50 %. Большинство космополитов зарегистрировано в биопрудах (69,32 %) и водохранилищах (61,29 %), а меньше всего их в озёрах (57,68 %).

Среди представителей бореальных таксонов преобладают диатомовые (76 таксонов или 18,2%) водоросли. Высокая доля бореальных таксонов зарегистрирована в водохранилищах (8,60%) и рыбопруды (8,57 %) Южно-Таджикской депрессии. Наименьшее число таксонов отмечено в биопрудах (13 ввт или 3,56 %). Голарктических таксонов было обнаружено 92, что составляет 7,65 %. Наибольшее число таксонов среди голарктических принадлежит цианопрокариотам (29 ввт) и эвгленофитовым (28 ввт). Распределение водорослей по географическим элементам в различных типах водных объектов показывает, что голарктические таксоны составляют от 4,57 % (водохранилища) до 8,16 % (рыбопруды). Наименьшую группу составляют арктоальпийские и циркумбореальные таксоны, 24 и 22 таксона соответственно.

ГЛАВА 6. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИДОВ ВОДОРΟΣЛЕЙ В РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЁМАХ ЮЖНО-ТАДЖИКСКОЙ ДЕПРЕССИИ

6.1. Экологические группы водорослей и приуроченность видов к местообитанию.

Водоросли водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии участвуют в формировании двух основных экологических групп: планктона и бентоса. Наибольшее число ввт было бентосными – 311 видов (371 ввт или 30,51 %), меньшее – планктонными (224 ввт или 16,86 %). Однако число ввт планктонно-бентосной группы довольно высокое – 246 (269 ввт или 22,12%). К группе эпифитов относились 6 ввт, а к группе бентосно-эпифитных- всего 2 вида (рисунок 12).

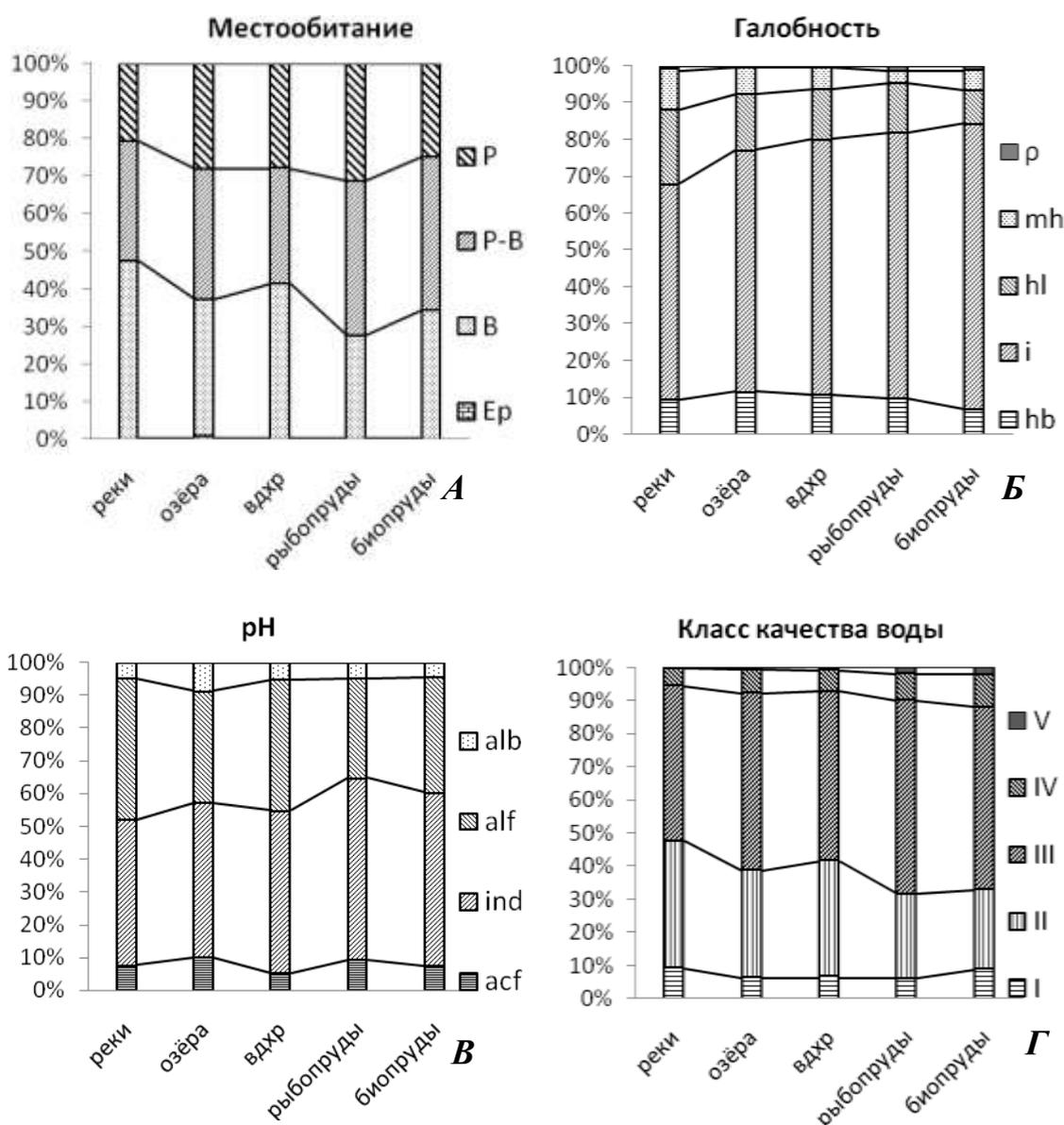


Рисунок 12 – Экологическая характеристика разнотипных водных объектов Южно-Таджикской депрессии.

А) P – планктонный, P-B – планктонно-бентосный, B – бентосный, Ep – эпифит; Б) p – полигалоб, mh – мезогалоб, hl – галофил, i – индифферент, hb – галофоб; В) acf – ацидофил, alf – алкаифил, alb – алкалибионт; Г) I – ксеносапробионты, II – олигосапробионты, III – β-мезосапробионты, IV – α-мезосапробионты, V – полисапробионты. I-V – классы качества вод.

Анализ распределения водорослей по экологическим группам показывает, что бентосные таксоны составляют от 21,63 (рыбопруды) до 36,90 % (реки). Планктонно-бентосные таксоны с большим разнообразием отмечены среди диатомовых (26,39 % от числа планктонно-бентосных таксонов), зеленых (24,91 %), цианопрокариот (20,82 %) и эвгленофитовых (18,59 %) водорослей. В разнотипных водоёмах и водотоках Южно-Таджикской депрессии доля планктонно-бентосных таксонов составляет от 25,00 % в водохранилищах до 35,19 % в биологических прудах (рисунок 12, А).

Среди представителей планктонных водорослей преобладают Chlorophyta (63 ввт или 25,61 %), Cyanoprokaryota (55 ввт или 22,36 %) и Euglenophyta (50 ввт или 17,07 %). Из 14 известных таксонов динофитовых водорослей 13 ввт относятся к обитателям планктона. Распределение планктонных водорослей в разнотипных водоёмах и водотоках оказалось не равномерным. Большинство планктонных таксонов зарегистрировано в рыбоводных прудах (24,90 %) и водохранилищах (22,58 %), а наименьшее – в реках (16,12 %).

6.2. Отношение видов водорослей к степени солёности воды

В альгофлоре водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии выявлено 652 таксона видового и внутривидового ранга (53,62 % от общего числа таксонов), которые являются показателями различной степени солёности воды. Среди них значительная доля приходится на диатомовые (390 ввт или 59,82 % от общего числа индикаторов солёности) водоросли, которые являются наиболее изученной группой в отношении к концентрации хлоридов в воде. Из представителей зелёных водорослей было найдено 78 таксонов-индикаторов (11,96 %). Много индикаторных таксонов было обнаружено среди Cyanoprokaryota – 61 ввт и Euglenophyta – 45 ввт. Все таксоны с известным отношением к солёности воды подразделяются на три группы: олигогалобы, мезогалобы и полигалобы. Распределение водорослей по категориям галобности показывает, что подавляющее большинство выявленных таксонов водорослей относятся к олигогаломам. Их в водоёмах и водотоках выявлено 592 ввт, что составляет 90,80 % от числа водорослей с известным отношением к солёности. Среди олигогалобных видов выделены галофобы, индифферентные и галофильные, из которых по разнообразию форм выделяются индифферентные виды. Их обнаружено 426 ввт, что составляет 65,34 %. Галофилов в исследованных водных объектах выявлено 92 таксона, что составляет 14,11 % от числа индикаторов солёности. Галофилы распределены среди 5 отделов, но большинство таксонов относятся к диатомовым (63 ввт или 68,48 % от числа галофилов) водорослям.

Анализ распределения таксонов по отношению к галобности показывает, что во всех разнотипных водоёмах и водотоках преобладают индифферентные формы олигогалобов, их доля варьирует от 39,73 (в озёрах) до 50,81 % (в водохранилищах). Доля галофилов составляет от 5,82 % в биопрудах до 9,95 % в водохранилищах, олигогалобов-галофобов – от 4,34 % в реках до 7,80 % в водохранилищах. На рисунке 12, Б видно, что доля солелюбивых видов в градиенте реки-биопруды постепенно снижается за счет индифферентов, что говорит о более однородной среде в искусственных водоёмах.

6.3. Распределение видов водорослей по отношению к рН воды

Судя по литературным данным, только для 462 ввт из 8 отделов известно их отношение к рН среды (Hustedt, 1938-1939; Баринова и др., 2006), что составляет 37,99 % от общего числа таксонов.

Из выявленных нами водорослей в водоёмах и водотоках Южно-Таджикской депрессии преобладают рН-индифферентные таксоны (215 ввт или 17,68 %). Среди них

больше всего таксонов было найдено из Bacillariophyta (118 ввт или 55,14 % от общего числа индифферентных таксонов), Euglenophyta (47 ввт или 21,96 %) и Chlorophyta (25 ввт или 11,68 %).

Значительная доля таксонов в альгофлоре исследованных объектов принадлежит алкалифилам (166 ввт или 13,65 %), среди которых 156 ввт (93,41 % от общего числа алкалифилов) составляют виды отдела Bacillariophyta. Ацидофилы составляют 52 ввт (4,28 %) из 6 отделов водорослей. Среди них по многообразию таксонов выделяются представители диатомовых (30 ввт или 57,69 % от общего числа ацидофилов).

Анализ разнотипных водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии показал преобладание индифферентов во всех типах объектов (рисунок 12, В). Доля индифферентов составляет от 20,16 % в озёрах до 27,51 % в биопрудах. Значительную долю в альгофлоре занимает группа алкалифилов, на неё приходится от 13,06 (рыбопруды) до 20,16 % (водохранилища). На рисунке 12, В видно, что в градиенте антропогенного воздействия от рек до биопрудов доля индикаторов высоких рН (алкалифилов и алкалибионтов) снижалась за счет индифферентных видов, что говорит о меньшей связи качества вод в искусственных водных объектах Таджикистана с природными водами, то есть об антропогенном контроле рН воды в них.

6.4. Сапробиологическая характеристика видов

Среди 1216 видовых и внутривидовых таксонов (ввт) водорослей, выявленных нами в водоёмах и водотоках Южно-Таджикской депрессии, 688 ввт являются индикаторами разной степени органического загрязнения, что составляет 56,58 % от общего числа таксонов водорослей. Группа β -мезосапробионтов объединяет 324 таксона (47,10 % от общего числа индикаторных таксонов). Группа олигосапробионтов занимает второе место по разнообразию таксонов и содержит 254 ввт (36,92 %). Из них заслуживают внимания α -сапробионты – 137 (19,91 %) и α - β -мезосапробионты – 71 (10,32 %). Группы ксеносапробионтов и α -мезосапробионтов представлены почти одинаково и составляют 7,99 и 7,41 % соответственно (рисунок 13).

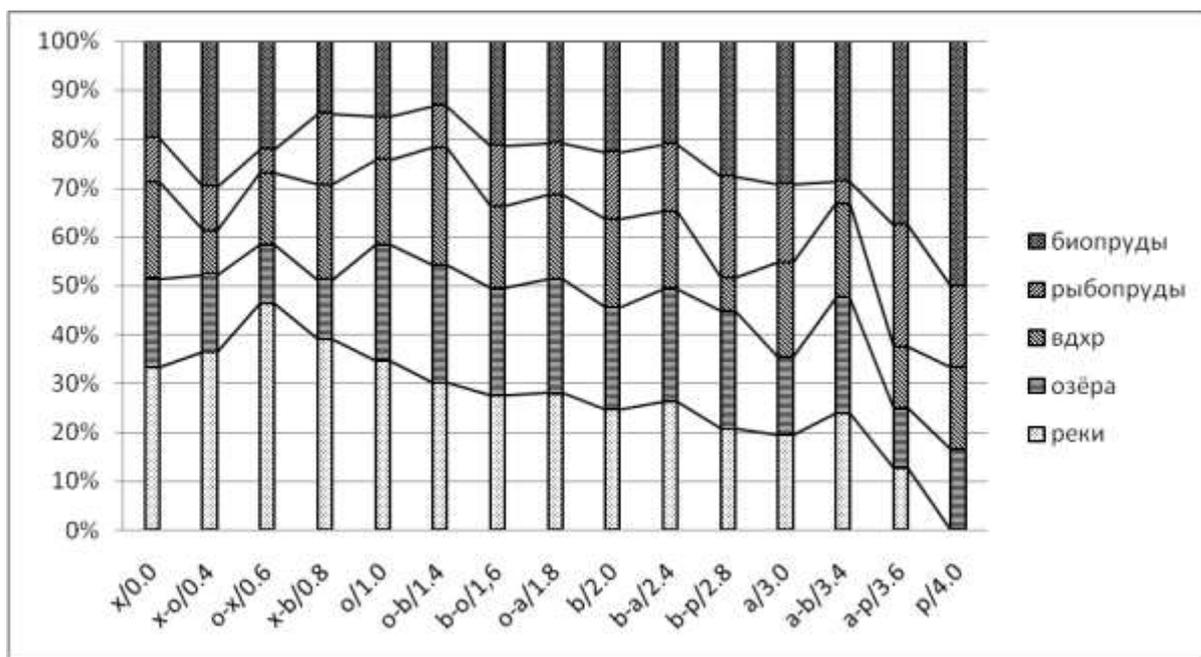


Рисунок 13 – Распределение сапробионных таксонов в водоёмах и водотоках Южно-Таджикской депрессии.

Во всех типах водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии преобладает группа β -мезосапробионтов (III класс качества воды), их доля составляет от 46,94% в реках до 59,01 % в рыбопрудах (см. рисунки 12, Г; 13). Доля олигосапробионтов изменяется от 23,97 % в биопрудах до 38,41 % в реках. На рисунке 12, Г видно, что участие олигосапробионтов, показателей II класса качества воды, снижается в градиенте антропогенного происхождения объектов, а доля индикаторов III и IV класса качества вод, наоборот, возрастает.

На рисунке 13 видно, что в рыбопрудах доля β -мезосапробионтов оказалась самой высокой. Повышенная сапробность рыбопрудов обусловлена, в основном, за счет добавления минеральных и органических удобрений для подкормки рыб. В реках доля олигосапробионтов намного больше, чем в других водных объектах. Судя по обнаруженным индикаторным таксонам, воды рек Южно-Таджикской депрессии можно отнести ко II и III классам качества. В биопрудах обогащение качественного состава индикаторных форм происходит, в основном, за счет появления видов-индикаторов высокой степени загрязнения. Но в них доминируют в основном β - и α -мезосапробы – индикаторы более высокой зоны загрязнения.

6.5. Водоросли и оценка степени органического загрязнения

Среди идентифицированных водорослей водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии выявлено 211 видовых и внутривидовых таксонов водорослей, которые являются индикаторами органического загрязнения по системе Ватанабе (рисунок 14, А). При определении уровня органического загрязнения было отмечено доминирование индикаторов эврисапробов и сапроксенов – индикаторы чистых и средненасыщенных органикой вод. При этом вершина линии тренда указывает на большую значимость группы эврисапробов, чем сапроксенов и сапрофилов. Сапроксены составляли более 27 % от общего количества индикаторов органического загрязнения, то есть воды исследуемых объектов можно отнести к достаточно чистым или умеренно загрязненным.

Анализ индикаторных видов в разнотипных водных объектах показал заметное преимущество сапроксенов и эврисапробов во всех водоёмах и водотоках Южно-Таджикской депрессии (рисунок 14, Б). При этом больше всего эврисапробов оказались в озёрах (63,64 %) и водохранилищах (63,16 %), а сапроксенов – в реках (29,68 %) и озёрах (28,41 %). Большинство из выявленных индикаторов органического загрязнения среди сапрофилов (индикаторов загрязненных вод) обнаружено в рыбопрудах (16,67 %) и биопрудах (15,05 %), а меньше всего их – в реках и озёрах, что составляет 7,74 и 7,95 % соответственно, от числа таксонов известных индикаторов органического загрязнения.

Таким образом, обнаруженные индикаторные таксоны диатомовых водорослей показывают отсутствие сильного органического загрязнения водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии: их воды являются достаточно чистыми или умеренно загрязненными.

6.6. Водоросли и оценка индикаторов уровня трофности

Среди видового состава водорослей, обнаруженных в Южно-Таджикской депрессии, отмечено 458 ввт, которые являются индикаторами трофности вод. Из рисунка 14, В видно, что по числу таксонов преобладали индикаторы олиго-мезотрофных (118 таксонов или 25,76 %) и мезо-эвтрофных вод (103 таксона или 22,47 %), и максимум линии тренда находится между ними.

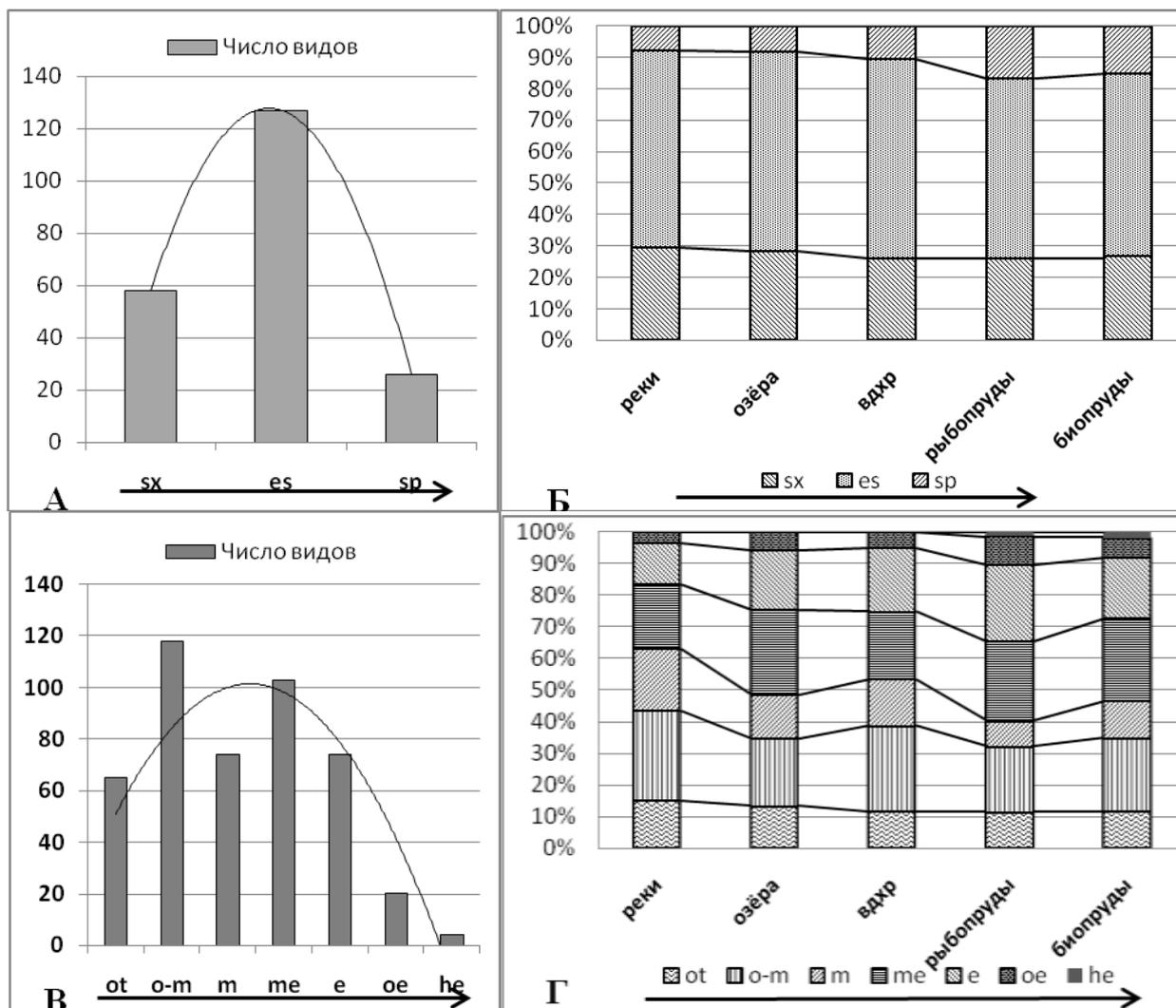


Рисунок 14 – Распределение видов водорослей – индикаторов органического загрязнения вод по системе Ватанабе (А, Б) и качества вод по уровню трофности (В, Г).

А, Б – количество видов-индикаторов, sx – сапроксены, es – эврисапробы, sp – сапрофилы; В, Г – их процентное распределение на разнотипных водных объектах, ot – олиготрофные, om – олиго-мезотрофные, m – мезотрофные, me – мезо-эвтрофные, e – эвтрофные, he – гипертрофные, oe – широкой амплитуды трофности.

В разнотипных водоёмах и водотоках Южно-Таджикской депрессии динамика изменений индикаторной трофности показывает, что в реках доля олиго-мезотрофов составила более 28 %, а в озёрах – около 20% (рисунок 14, Г). В био- и рыбопрудях было заметно увеличение доли индикаторов мезо-эвтрофных вод, что составило 27,33 и 26,44 % соответственно. Эвтрофные имели преимущество в рыбопрудях (23,86 %) и биопрудях (20,93). Индикаторов олиготрофных вод больше всего было отмечено в реках, особенно в горных ручьях и притоках (15 % от числа таксонов известных индикаторов повышения трофности).

Таким образом, преобладание олиго-мезотрофных таксонов свидетельствует об относительной чистоте вод водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии.

6.7. Высотное распределение видов водорослей

В целях выявления тенденции изменения таксономической структуры изучаемой альгофлоры в градиенте климатических параметров, видовой состав флоры водорослей был разделен на слои в соответствии с высотой местообитания (до 500, 500–1000, 1000–1500, 1500–2000 и 2000–2500 м над ур. м.).

Расположение видового состава в альгофлоре водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии по высотному градиенту показывает неравномерность распределения не только по общему числу видов (максимальное число таксонов составляет 832 на высоте до 1000 м), но также и по таксономическому составу. Из рисунка 15 видно, что при общем преобладании диатомовых водорослей доля зеленых меняется незначительно, доля эвгленофитовых уменьшается, а доля стрептофитовых увеличивается с высотой.

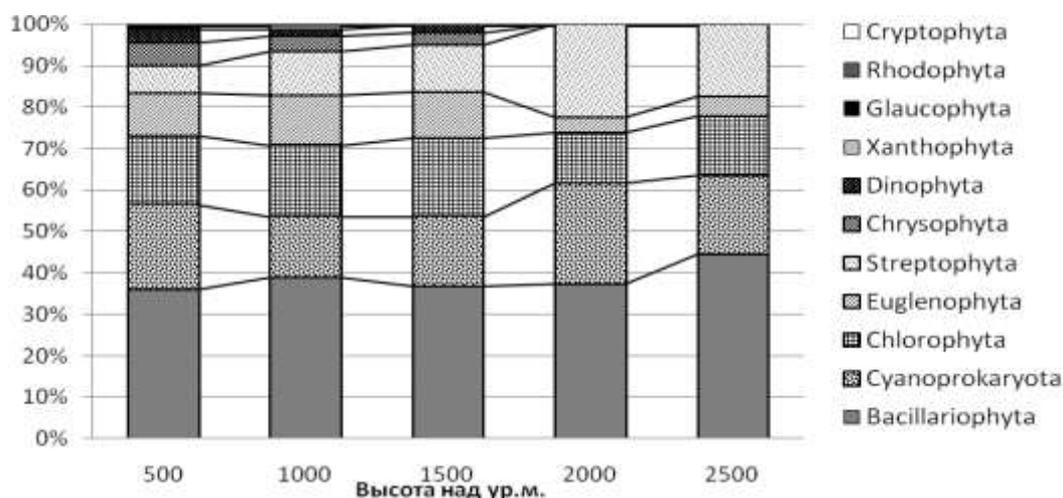


Рисунок 15 – Процентное соотношение видового состава в отделах водорослей по высотам местообитания в водоёмах Южно-Таджикской депрессии.

Сравнение разнообразия водорослей, сгруппированного по высотности местообитаний (рисунок 16), позволило выделить 3 кластера на уровне сходства 50 %.

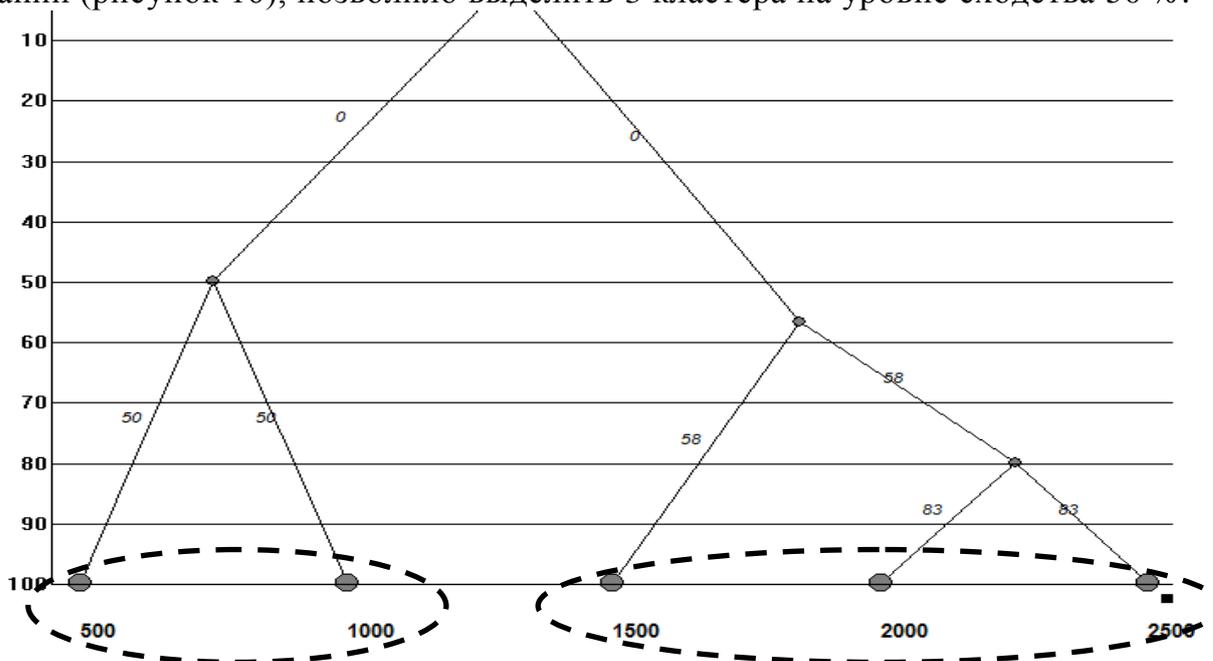


Рисунок 16 – Дендрограмма сходства видового состава альгофлоры Южно-Таджикской депрессии по высотности местообитания.

Первый кластер включает виды из пониженных местообитаний на высоте до 500, второй – до 1000 м над ур. м. Третий кластер представляет местообитания от 1500 до 2500 м при сходстве 56-83 %.

Экологический анализ распределения видового состава по высотам местообитаний показывает, что индикаторная структура сообществ колеблется по высоте (рисунок 17).

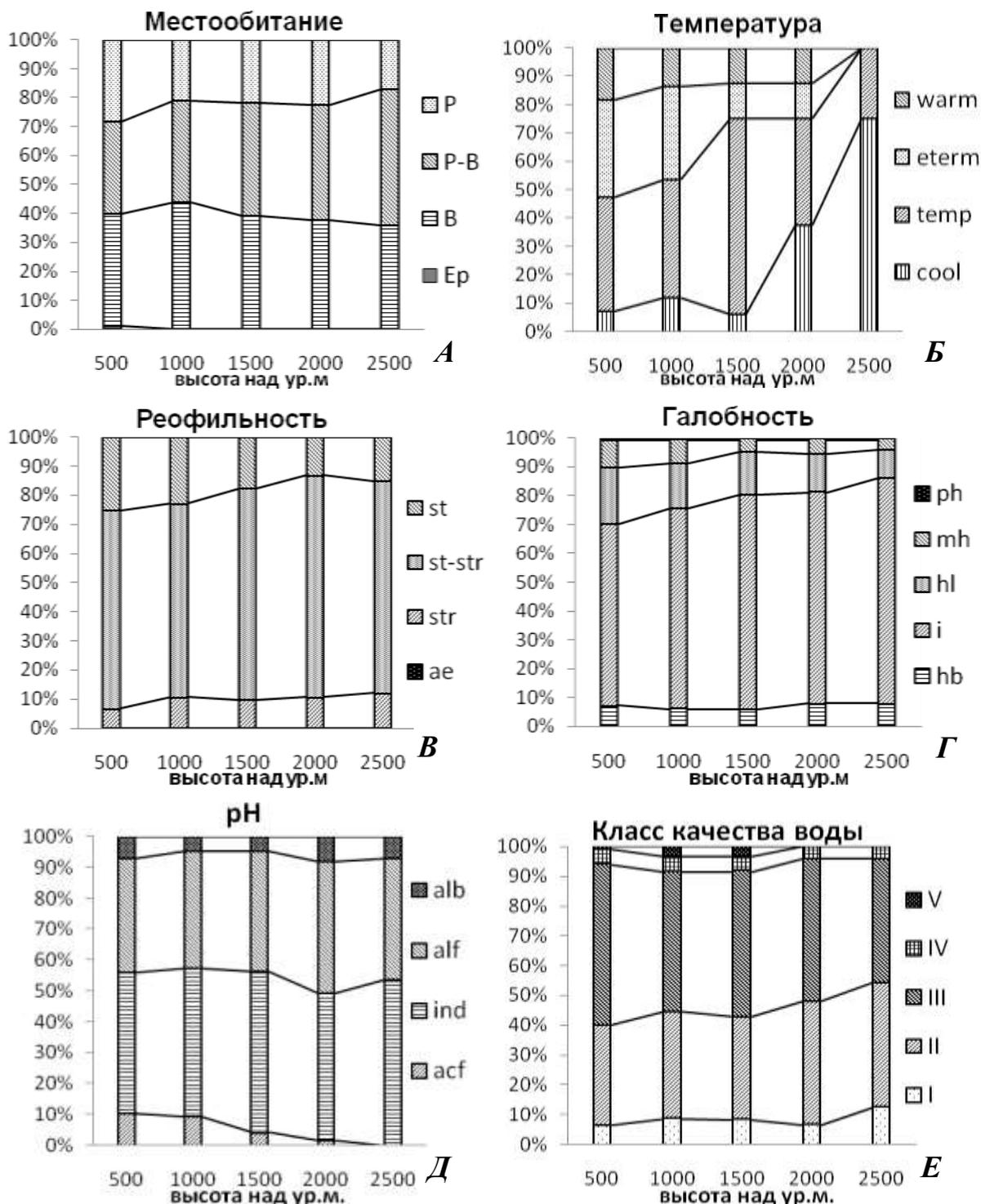


Рисунок 17 – Распределение групп экологической характеристики разнотипных водных объектов Южно-Таджикской депрессии по высотности местообитания.

А) P – планктонный, P-B – планктонно-бентосный, B – бентосный, Ep – эпифит; Б) warm – теплолюбивый, eterm – эвритермный, temp – умеренный или индифферентный, cool – холодолюбивый; В) st – стоячий; st-str – стояче-текучий или индифферентный; str – текучий; ae – аэрофильный; Г) ph – полигалоб, mh – мезогалоб, hl – галофил, i – индифферент, hb – галофоб; Д) alb – алкалибионт, alf – алкаифил, ind – индифферент, acf – ацидофил; Е) I-V – классы качества вод.

В составе сообществ на высотах между 500 и 2500 м над ур. м. роль планктонно-бентосных видов увеличивается, а роль планктонных – уменьшается (рисунок 17, А). По отношению к температуре среды увеличивается с высотой доля (от 8 до 72 %) холодолюбивых водорослей, а доля эвритермных и теплолюбивых, наоборот, уменьшается: они встречаются до высоты 2000 м над ур. м. (рисунок 17, Б).

Анализ альгофлоры водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии по отношению к насыщенности вод кислородом показал преобладание индикаторов медленно текущих и слабонасыщенных кислородом вод (66-76 % от индикаторов обогащенности вод кислородом) и уменьшение количества индикаторов стоячих вод (от 25 до 14 %) за счет индикаторов вод с быстрым течением и хорошей аэрацией (от 6 до 12 % от общего числа индикаторов реофильности) (рисунок 17, В).

На рисунке 17, Г видно, что отношение водорослей водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии к солёности по высотам местообитаний показывает увеличение доли олигогалобов-индифферентов (62-68 %). Доля мезогалобных и галофилных таксонов уменьшается (20-10 и 9-4 % соответственно, от таксонов с известными данными по галобности) с увеличением высоты местообитания, то есть, воды становятся более пресными.

Анализ альгофлоры разнотипных водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии по отношению к рН показал преобладание индифферентов (рисунок 17, Д). Доля индифферентов увеличивается по высоте и составляет от 45,8 % на 500 м до 53,5 % на высоте до 2500 м. Значительную долю в альгофлоре имеет группа алкалифилов, на неё приходится от 37,20 % (до 500 м) до 42,6 (до 2000 м). Ацидофилов отмечено мало, и видовое участие снижается по высоте от 9,9 % (500 м) до 1,6 % (до 2000 м над ур. м.). Выпадение групп индикаторов закисленных вод и одновременное повышение доли индифферентов и алкалифилов свидетельствует об общем повышении рН воды на высотных местообитаниях. Это может быть связано с увеличением участия природного карбонатного стока в горных частях изучаемого речного бассейна и одновременно с понижением антропогенного регулирования качества вод. То есть воды в высотных местообитаниях более природного, эталонного качества.

Анализ распределения видов водорослей с известным отношением к органическому загрязнению воды по высотам местообитаний показывает, что на высоте до 1000 м над ур. м. преобладают бетамезосапробионты и олигосапробионты.

Доля бетамезосапробионтов с увеличением высоты уменьшается (от 53,95 до 41,67 %), что соответствует III классу (рисунок 17, Е) вод или слабому загрязнению, а доля олигосапробионтов увеличивается от 33,72 до 41,67 % (соответствует II классу качества вод, чистые воды). На высотах 2000 и 2500 м над ур. м. в качественном отношении преобладают таксоны, характерные для водотоков с более низкой степенью загрязнения (от бетамезосапробионтов до ксеносапробионтов). В общем, водотоки и водоёмы Южно-Таджикской депрессии, как по доминирующему составу, так и по группам индикаторов сапробности, относятся к бета-мезосапробной и олигосапробной зонам загрязнения, что свидетельствует об относительной чистоте поверхностных вод в данном регионе. Увеличение доли индикаторов чистых вод с высотой местообитания говорит о природном уровне качества вод на высотах более 2000 м над ур. м.

ВЫВОДЫ

1. В водоёмах и водотоках Южно-Таджикской депрессии выявлено 1039 видов, представленных 1216 разновидностями и формами водорослей, относящихся к 315 родам, 135 семействам, 57 порядкам, 21 классу и 11 отделам. Ведущая роль в формировании состава альгофлоры (68,59 % общего числа ввт) принадлежит представителям трех отделов: Bacillariophyta (34,38 %), Цианопрокариота (17,43 %) и Chlorophyta (16,78 %). Из общего видового и внутривидового состава водорослей 296 видов (354 ввт) указываются впервые для водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии. Среди них 52 таксона приводятся впервые для альгофлоры Таджикистана, из них 13 видов, 2 разновидности и 1 форма являются новыми флористическими находками для Центральной Азии.

2. Распределение таксонов водорослей по разнотипным водным объектам неравномерно, наибольшее видовое разнообразие характерно для речных (551 вид, 646 ввт) и озёрных (459 видов, 514 ввт) экосистем. Менее разнообразно представлены биопруды (338 видов, 378 ввт) и водохранилища (328 видов, 372 ввт). Альгофлора рыбопрудов отличается меньшим видовым разнообразием (220 видов, 245 ввт). Во всех разнотипных водоёмах и водотоках наиболее разнообразно представлены отделы Bacillariophyta, Chlorophyta и Цианопрокариота, которые занимают три ведущих места. Диатомовые водоросли занимают первое место во всех типах водных объектов: их идентифицировано от 75 (в рыбопрудах) до 276 ввт (в реках).

3. Из 135 семейств 10 играют существенную роль в сложении альгофлоры и составляют 41,45 % от общего числа водорослей данного региона. Среди них первые 5 мест занимают семейства Desmidiaceae, Euglenaceae, Oscillatoriaceae, Bacillariaceae и Naviculaceae. Ведущее место в родовом спектре принадлежит *Cosmarium*, *Nitzschia*, *Phormidium*, *Euglena*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Trachelomonas*, *Phacus*, *Closterium* и *Gomphonema*. Состав ведущих родов свидетельствует о том, что 10 из 315 наиболее крупных по числу видов родов составляют 25,99 %, то есть более четверти всех видов.

4. В состав ведущих семейств разнотипных водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии вошли 16 семейств из 6 отделов. Спектр ведущих семейств показал, что 4 семейства (Bacillariaceae, Desmidiaceae, Euglenaceae и Scenedesmaceae) представлены во всех разнотипных водоёмах и водотоках. Ранжирование по видовому богатству в альгофлоре разных водных объектов следующее: Desmidiaceae (в реках и озёрах), Euglenaceae (в рыбо- и биопрудах) и Dinobryaceae (в водохранилищах). Состав ведущих родов показал, что 18 родов из 5 отделов играли главную роль в альгоценозах исследуемых водных объектов. Представители лишь двух родов (*Cosmarium* и *Trachelomonas*) были общими для всех разнотипных водоёмов и водотоков, а представители 4 родов (*Closterium*, *Surirella*, *Diatoma*, *Lepocinclis*) присутствовали только в одном из типов водных объектов. В подавляющем же большинстве разнотипных водоёмов и водотоков первые 3 места по видовому богатству занимают роды *Cosmarium*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Phormidium*, *Euglena*, *Cyclotella* и *Lepocinclis*.

5. Во всех водоёмах и водотоках Южно-Таджикской депрессии именно диатомовые водоросли составляют основное ядро доминирующей группы. Это приводит нас к заключению, что диатомовые обладают не только большей устойчивостью в меняющихся климатических условиях, но и к тому, что высокая экологическая пластичность их видов служит адаптивным ресурсом для сохранения их видового богатства как в высокогорных водоёмах Таджикистана (Памира), так и в его предгорьях – Южно-Таджикской депрессии.

6. Географический анализ показал, что большая часть таксонов (528 видов, 589 ввт или 48,44 %) принадлежит космополитам, среди которых преобладали Bacillariophyta (265 ввт), Cyanoprokaryota (107) и Chlorophyta (100 таксонов). Среди бореальных таксонов преобладают диатомовые (76 таксонов или 18,2 %) водоросли. Голарктических таксонов было обнаружено 92, что составляет 7,56 %.

7. Сравнительный анализ видового состава водорослей между разнотипными водотоками и водоёмами с использованием коэффициента Сёренсена-Чекановского показал, что самое высокое сходство – между Кулябскими и Чубекскими рыбопрудами (0,70) и рр. Яхсу и Таирсу (0,63), так как они характеризуются довольно близкими экологическими условиями. Уровень сходства водорослевого состава водотоков горы Ходжа-Мумин с другими типами исследованных водоёмов и водотоков оказался довольно низким и колебался от 0,13 до 0,27. Эти различия означают, что содержание большого количества солей в водах карстовых воронок и источников снижает степень их сходства, а данное местообитание отличается высоким своеобразием.

8. Сравнение видового разнообразия водорослей альгофлоры водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии с таковыми других азиатских регионов показало низкую степень сходства их видового состава. Сходство ниже среднего (< 60 %) оказалось у альгофлоры исследуемых водных объектов с таковой близко расположенных регионов – Туркменистана (52 %) и Памира (42 %). Рассчитанные коэффициенты сходства альгофлоры Южно-Таджикской депрессии с флорами других регионов Азии были еще ниже (< 33 %), что свидетельствует о довольно высокой видовой специфичности альгофлоры исследованного региона.

9. Экологический анализ показал, что большего многообразия достигали бентосные водоросли (75 %). Преобладание олигогалобов (90,80 %) по группам галобности показывает невысокую степень солёности вод в водоёмах и водотоках. По отношению к рН воды выявлены группы индикаторов, оптимумы которых имеют нейтральную и слабощелочную реакцию (46,54 и 35,93 %).

10. Преобладание индикаторных групп бета-мезосапробионтов и олигосапробионтов (47,09 и 36,92 % соответственно) – показателей низких зон загрязнения, свидетельствует об относительной чистоте поверхностных вод в данном регионе. Судя по обнаруженным индикаторным таксонам и их частотой встречаемости, реки Южно-Таджикской депрессии можно отнести ко II и III классу качества воды. Исследованные водные объекты по качеству воды можно отнести к чистым олиготрофным типам водоёмов. Лентические объекты Южно-Таджикской депрессии по доминирующему составу водорослей-индикаторов также относятся к бета-мезосапробной и олигосапробной зонам загрязнения, что свидетельствует об относительной чистоте поверхностных вод водоёмов региона. Увеличение доли индикаторов чистых вод по мере увеличения высоты местообитания свидетельствует о природном уровне качества вод на высотах более 2000 м над ур. м.

11. Альгофлора исследуемых водных объектов показательно реагирует на экологические условия произрастания в условиях гор в связи с поясностью. Подавляющее большинство видов приурочено к высотам от 500 до 1500 м над ур. м., где водные объекты наиболее богаты органикой растительного и животного происхождения и характеризуются хорошей освещенностью, прозрачностью и медленным течением. Выше 1500 м над ур. м. видовое разнообразие альгофлоры резко сокращается. Во всех поясах значительно преобладают диатомовые водоросли. При общем преобладании диатомовых водорослей, доля зеленых остается постоянно одинаковой, доля эвгленовых уменьшается, а доля стрептофитовых увеличивается с высотой.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

1. **Бобоев, М. Т.** Материалы к альгофлоре бассейна реки Яхсу / М. Т. Бобоев // Изв. АН РТ. Отд. биол. и мед. наук. – 2001. – № 5 (146). – С. 80-87.
2. **Бобоев, М. Т.,** Хисориев Х. Х. Эколого-флористический анализ водорослей водоёмов бассейна р. Кызылсу / М. Т. Бобоев // Изв. АН РТ. Отд. биол. и мед. наук. – 2003. – № 3 (150). – С. 15-18.
3. **Бобоев, М. Т.** Новые флористические находки водорослей из водоёмов Южного Таджикистана / М. Т. Бобоев // Докл. АН РТ, 2009. – Т. 52, № 12. – С. 963-967.
4. **Бобоев, М. Т.** Анализ систематической структуры альгофлоры водоёмов Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев // Изв. АН РТ. Отд. биол. и мед. наук. – 2011. – № 2 (175). – С. 7-14.
5. **Бобоев, М. Т.** Эколого-географический анализ диатомовых водорослей (Bacillariophyta) водоёмов Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев // Докл. АН РТ. – 2013. – Т. 56, № 9. – С. 736-739.
6. **Бобоев, М. Т.** Альгофлора рек Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев // Докл. АН РТ. – 2013. – Т. 56, № 10. – С. 821-826.
7. **Бобоев, М. Т.** Систематическая структура водорослей водохранилищ Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев // Изв. АН РТ. Отд. биол. и мед. наук. – 2014. – № 4 (188). – С. 7-11.
8. Баринава, С.С. Критический подход к флористическому анализу у пресноводных водорослей на примере флоры Южно-Таджикской депрессии / С. С. Баринава, **М. Т. Бобоев** // Бюл. МОИП, отд. биол. – 2015. – Т. 120, вып. 1. – С. 40-48.
9. **Бобоев, М. Т.** Новые данные о стрептофитовых водорослях (Streptophyta) водоёмов Южно-Таджикской депрессии // М. Т. Бобоев / Докл. АН РТ, 2015. – Т. 58, № 6. – С. 533-537.
10. **Бобоев, М. Т.** Суапоргокагуота водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев // Изв. АН РТ. Отд. биол. и мед. наук. 2015. – № 3 (191). – С. 7-13.
11. **Бобоев, М. Т.** Новые флористические находки водорослей из водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев, Ю. В. Науменко // Докл. АН РТ, 2015. – Т. 58, № 8. – С. 733-738.
12. Романов, Р. Е. Харовые водоросли (Streptophyta, Charales) Южно-Таджикской депрессии / Р. Е. Романов, **М. Т. Бобоев** // Бот. журн. 2016. – Т. 101, № 3. – С. 275-286.

Монографии

13. **Бобоев, М. Т.** Альгофлора водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии. Ч. 1. Таксономический состав и систематическая структура альгофлоры / М. Т. Бобоев. – Душанбе: Дониш, 2016. – 212 с.

Препринт

14. **Бобоев, М. Т.** Флора водорослей водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии. / М. Т. Бобоев. Препринт. Душанбе: Институт ботаники, физиологии и генетики растений АН РТ, 2016. – 36 с.

Очерки в Красной книге:

15. Красная книга Республики Таджикистан. Растения / Х. Хисориев, И. Кудратов, Б. Бобораджабов, А. Халимов, С. Давлатзода, М. Пименов, Д. Наврузшоев, С. Рахимов, З. Шарипов, Х. Назиров, Т. Бобоев, И. Туракулов, Н. Сафаров, С. Султонов, А. Мадаминов, Р. Сатторов, Я. Хомидов, **М. Бобоев**. – Душанбе: Дониш, 2015. – С. 242-535.

Статьи в других журналах

16. **Бобоев, М. Т.** Систематическая структура водорослей водоёмов бассейна р. Кызылсу / М. Т. Бобоев // Тр. Института ботаники АН РТ. – Душанбе, 2002. – Т. 25. – С. 58-66.
17. **Бобоев, М. Т.** Основные итоги изучения альгофлоры водоёмов бассейна р. Кызылсу / М. Т. Бобоев, Х. Хисориев // Тр. Института ботаники АН РТ. – Душанбе, 2006. – Т. 26. – С. 26-39.
18. Barinova, S. Freshwater algal diversity of the South-Tajik Depression in a high-mountainous extreme environment, Tajikistan / S. Barinova, **M. Boboev**, H. Hisoriev // Turk. J. Bot. – 2015. – V. 39. – P. 535-546. DOI:10.3906/bot-1406-45.
19. **Бобоев, М.Т.** Сравнительно-флористический анализ альгофлоры Южно-Таджикской депрессии с избранными альгофлорами Евразии / М. Т. Бобоев, С. С. Баринаова // Материалы II Международной конференции «Актуальные проблемы развития мировой науки», 30.03.2016. – Киев, 2016. – Ч. 2. – С. 14-19.

Материалы конференций

20. **Бобоев, М. Т.** Дополнение к альгофлоре бассейна р. Кызылсу / М. Т. Бобоев, Х. Х. Хисориев // Актуальные проблемы экологии высокогорий Центральной Азии: Материалы Международной конференции. – Хорог, 2000. – С. 70-71.
21. Хисориев, Х. Х. Новые для альгофлоры Таджикистана виды водорослей из водоёмов бассейна р. Кызылсу / Х. Х. Хисориев, **М. Т. Бобоев** // Экологические особенности биологического разнообразия: Тезисы докладов II Международной научной конференции. – Душанбе, 2002. – С. 177-178.
22. **Бобоев, М. Т.** Экологический обзор альгофлоры водоёмов бассейна р. Кызылсу (Южный Таджикистан) / М. Т. Бобоев // Материалы VIII молодежной конференции ботаников. – СПб, 2004. – С. 91.
23. **Бобоев, М. Т.** Общие данные об альгофлоре водоёмов Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев // Экологические особенности биологического разнообразия: Материалы 4-й Международной научной конференции. – Куляб, 2011. – С. 11-12.
24. Шохмадов, И. Р. Альгофлора Муминабадского водохранилища / И. Р. Шохмадов, **М. Т. Бобоев** // Там же. – С. 46-48.
25. **Бобоев, М. Т.** Альгофлора водоёмов Южно-Таджикской депрессии (Таджикистан) / М. Т. Бобоев // Актуальные проблемы современной альгологии: Тезисы докладов IV Международной конференции. – Киев, 2012. – С. 31-32.
26. **Бобоев, М. Т.** Эколого-географическая характеристика диатомовых водорослей водоёмов Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев // Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований: Материалы XII Международной научной конференции. – Кострома, 2013. – С. 27-28.
27. **Бобоев, М. Т.** Эколого-географическая характеристика водорослей водоёмов Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев // Экологические особенности биологического разнообразия: Материалы 5-й Международной конференции. – Худжанд, 2013. – С. 6-8.
28. **Бобоев, М. Т.** Систематический состав альгофлоры Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев // Памир: Актуальные проблемы и научно-техническое развитие: Материалы Международной конференции. – Хорог, 2013. – С. 22.
29. **Бобоев, М. Т.** Альгофлора водохранилищ Южно-Таджикской депрессии / М.Т. Бобоев // Роль Варзобской горно-ботанической станции «Кондара» в развитии экспериментальной ботаники, лесоводства, и плодоводства в Таджикистане: Материалы региональной научной конференции. – Душанбе, 2014. – С. 36-42.
30. **Бобоев, М. Т.** Альгофлора естественных водоёмов Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев // Экологические особенности биологического разнообразия: Материалы 6-й Международной конференции. – Душанбе: Дониш, 2015. – С. 8-9.
31. Хисориев, Х. Х. Об альгофлоре разнотипных водоёмов Южного Памиро-Алая / Х. Х. Хи-

сориев, **М. Т. Бобоев** // Роль Кулябского государственного университета в подготовке специалистов: Материалы научной конференции. – Куляб, 2015. – С. 3-7.

32. **Бобоев, М. Т.** Альгофлора водохранилищ Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев // Там же. – С. 42-45.

33. **Бобоев, М. Т.** Таксономическая характеристика альгофлоры водоёмов Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев // Проблемы систематики и географии водных растений: Материалы Международной конференции. – Ярославль, 2015. – С. 14-15.

34. **Бобоев, М. Т.** Отношение водорослей водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии к степени солёности воды / М. Т. Бобоев // Состояние биологических ресурсов горных регионов в связи с изменением климата: Материалы республиканской научной конференции. – Душанбе: Дониш, 2016. – С. 58-60.

35. **Boboev, M. T.** Major results of study of algal flora of water streams and reservoirs in the South-Tajik Depression / М. Т. Boboev // Сохранение разнообразия растительного мира в ботанических садах: традиции, современность, перспективы: Материалы Международной конференции. – Новосибирск, 2016. – С. 344-346.

36. Romanov, R. E. Charophytes from Tajikistan: current state of knowledge / R. E. Romanov, **М. Т. Boboev** // 7th International Symposium on Extant and Fossil Charophytes. L. N. Gumilyov Eurasian National University. – Astana, 2016. – 57 p.

37. **Boboev M. T.** Freshwater algal diversity of the South-Tajik Depression in a high-mountainous extreme environment / М. Т. Boboev // Abstract XIX International Botanical Congress. – Shenzhen, China, 2017. – P. 143.

38. **Бобоев М. Т.** Оценка степени органического загрязнения водоёмов и водотоков Южно-Таджикской депрессии / М. Т. Бобоев // Материалы VII Международной конференции «Экологические особенности биологического разнообразия». – Душанбе: Дониш, 2017. – С. 7.