

УДК 581.9

КРИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФЛОРИСТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ У ПРЭСНОВОДНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ФЛОРЫ ЮЖНО-ТАДЖИКСКОЙ ДЕПРЕССИИ

С.С. Баринава, М.Т. Бобоев

Проведен анализ подходов выделения головной части таксономического спектра флоры водорослей на примере разделенного по высотности местообитания полного списка видов из водоемов Южно-Таджикской депрессии, составляющего 1 072 вида (1 190 с разновидностями и формами) из 9 отделов. Статистически достоверными оказались результаты, полученные для таксонов всех уровней методом стандартного отклонения, а при выделении 10 таксонов только для уровня отделов, классов и порядков. Выделение методом 50% было адекватным только для маловидовых сообществ. Установлено, что видовое богатство уменьшается с возрастанием высотности местообитания, а внутривидовой полиморфизм, наоборот, увеличивается с 1,12 до 1,20. Присутствие цианобактерий во флоре снижается с высотой. Происходит также обогащение сообществ харовыми и диатомовыми водорослями наряду с увеличением индекса полиморфизма, что свидетельствует о большей адаптационной способности харовых и диатомовых в условиях климатических изменений.

Ключевые слова: флора, пресноводные водоросли, статистические методы, Южный Таджикистан.

Биоразнообразие водорослей, выраженное числом видов (альфа-разнообразии), используется для анализа представленности сосудистых растений в 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).

Мы пытаемся применить методы анализа систематической структуры, используемые при анализе флор сосудистых растений, к анализу альгофлоры. В работах выдающегося флориста, систематика и фитогеографа А.И. Толмачева и его последователей разрабатывались разнообразные методические приемы сравнительного изучения флор сосудистых растений (Толмачев, 1974; Шмидт, 1980), хотя сами идеи изложены еще в работах Декандоля (Candolle, 1855).

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

Сравнивать разновеликие и разнообразные многовидовые альгофлоры весьма затруднительно

(Семкин, 1987). В.М. Шмидт (1980) считает достаточным для флор сосудистых растений ограничиться в сравнительно-флористических целях анализом 10–15 ведущих семейств и родов как определяющих «лицо» флоры, ее систематическую структуру, головную часть флористического спектра, поскольку состав ведущих семейств отражает зональное и региональное положения флоры, специфичен для определенных флористических областей и отражает особенности флорогенеза и связь с определенными условиями. Но этот анализ не заменяет и не исключает анализа полных списков.

Одним из критериев применимости метода считается представленность в 10 ведущих семействах более половины видового состава флоры. Закономерность выделена Б.А. Юрцевым (1968) для флор сосудистых растений, в которых всегда 10 семейств представляют половину и более таксономического списка, а в арктических флорах даже более 70%. Для флор водорослей пока не выделено число таксонов, всегда составляющих более половины видового списка. Однако в этом подходе существенным моментом является положение о том, что наиболее представленные таксономические группы, которые численно составляют 50% списка, отражают таксономическое лицо флоры, а значит показывают, какие именно таксоны нашли данные условия оптимальными для своего развития. Это означает, что выделение группы 50% таксонов, с одной стороны, отражает оптимум среды для данной флоры и яв-

ляется индикацией, а с другой стороны, позволяет использовать статистические методы в отделении значимой группы таксонов флористического списка. Возможные подходы могут быть как простым отделением некоторого числа таксонов, составляющих, по мнению исследователя, наиболее выразительную группу для данной флоры, так и статистические подходы, как, например, определение сигмы (стандартного отклонения). Ранее было установлено (Барина и др., 2006), что выделение значимых отделов водорослей в полных флорах, как по рассчитанному стандартному отклонению (STDEV) распределения видов по отделам, так и по значению 50% от максимально богатого в видовом отношении отдела, дает сходные результаты. В последнем случае построение упрощается, а результат остается адекватным. Однако опыт показывает, что метод выделения значимой части альгофлоры линией 50% от максимально богатого в видовом отношении отдела дает адекватные STDEV-результаты только в случаях, когда число групп (таксономических или экологических) в анализируемом распределении невелико. Так, для распределения семейств или родов (Анисимова, 2000) в полной альгофлоре значения STDEV и 50% не совпадают. В данном расчете нет также соответствия между значениями STDEV и 10 ведущих таксонов.

Таким образом, в анализе флоры водорослей на основе ее видового состава видно, что к настоящему времени в полной мере еще не сложилась методология, которая учитывала бы особенности именно флор водорослей – высокое видовое богатство, внутривидовой полиморфизм, большие отличия альгофлор в целом друг от друга и по составу головной части флористического спектра. Не найдено пока и объективных методов выделения головной части флоры для сравнительно-флористического анализа.

До наших исследований были проанализированы десмидиевые водоросли Советского Союза в отношении структуры флоры Г.М. Паламарь-Мордвинцевой (1982), флоры диатомовых водорослей по составу 10 ведущих семейств (Харитонов, 1981; Ахметова, 1986), а полные пресноводные альгофлоры подверглись анализу по 10 ведущим таксонам каждого таксономического уровня (Барина, 1990; Бурова, Жежера, 2013; и др.). Выделяются то 10, то 12 родов (Курбонова, 2007), или сколько получится, чтобы было большинство (Джумаева, Хисориев, 2002), что авторам кажется наиболее выразительным, и называются 3–4 высших таксона (Габышев и др., 2010). Используются также смешанные типы анализа, включающие приведенные выше подходы (Лашинский и др., 2007). Необходимость упрощения

и унификации анализа ощущается, но методы пока не определены.

Поскольку для полной альгофлоры закономерности таксономического распределения пока в процессе поиска, можно попытаться применить различные методы анализа для выделения групп ведущих таксонов, а полученные результаты оценить с точки зрения применимости этого метода для анализа полных альгофлор, что и было целью настоящего исследования.

Материалы и методы

Материалом для настоящего исследования послужила флора водорослей, обитающих в реках, ручьях, озерах, минеральных источниках, водохранилищах, рыбоводных прудах и очистных сооружениях Южно-Таджикской депрессии (рис. 1).

Описание района исследования

Территорию Юго-Таджикской депрессии пересекает несколько многоводных рек (Кафирниган, Вахш (в среднем и нижнем течении), Кызылсу, Яхсу, Таирсу) и много малых рек. Все они являются правыми притоками р. Пяндж, которая впадает в р. Амударья и относится к экорегиону 631 (верховья Амударья, рис. 1) по классификации FEOW (Freshwater Ecoregions of the World). На этой территории есть искусственные водоемы, такие как Муминабад, Сельбурк, Головное, Ходжамумин и Нурек (Сафаров, 2003), а также небольшие озера и пруды.

Лабораторные исследования

Всего изучено 766 проб водорослей планктона, бентоса и перифитона, собранного во всех упомянутых выше типах водоемов в течение 2000–2011 г. Пробы на месте отбора фиксировались 4%-м раствором формальдегида и транспортировались в лабораторию, где их исследовали под увеличением $\times 600$ –1000 с помощью микроскопов «МБИ-3», «Amplival», и «Carl Zeiss Axioskop-40» с цифровой камерой «AxioCam MRc-5» высокой резолуции и программой «AxioVision 4.8». Клетки диатомовых изучали в постоянных препаратах в среде Эляшева. Видовой состав определяли с помощью международных определителей, а современные названия таксонов были откорректированы с помощью Algaebase (Guiry and Guiry, 2014) и упорядочены в соответствии с номенклатурой T. Cavalier-Smith (2004).

Для выделения головной части таксономического спектра применяли три метода: 1) выделение 10 ведущих таксонов каждого таксономического ряда;

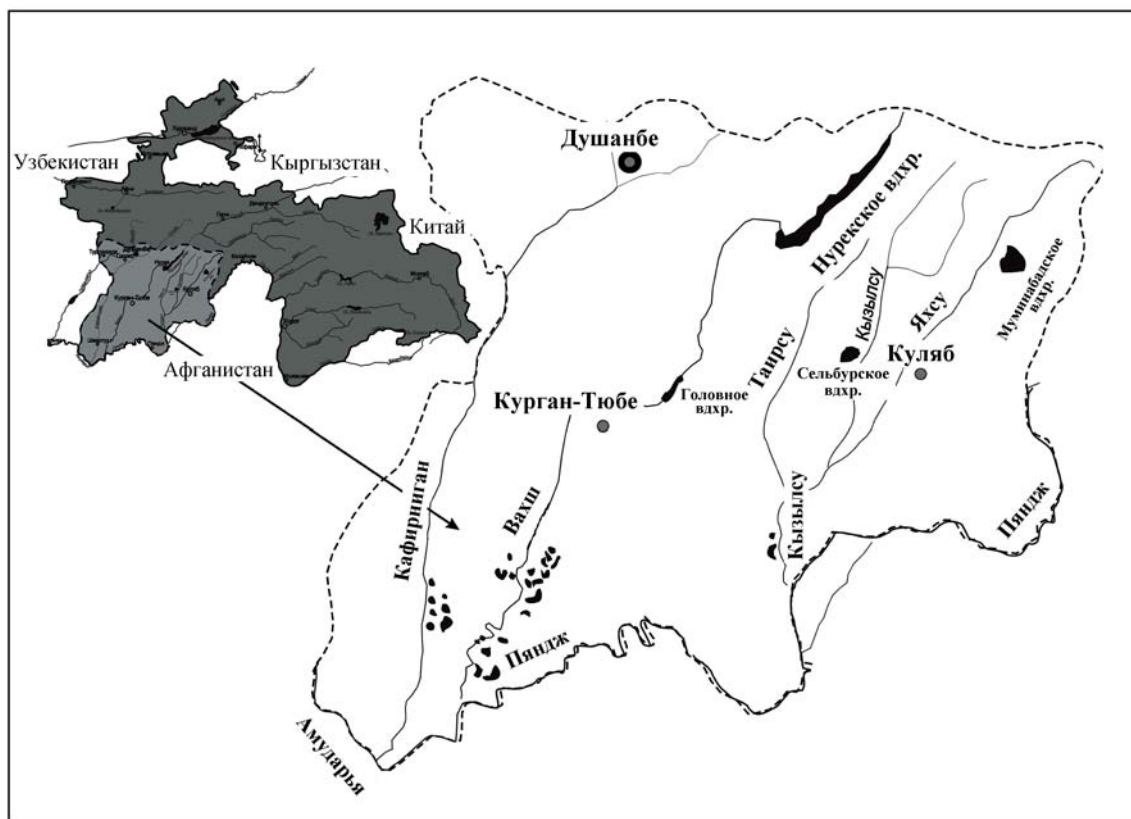


Рис. 1. Карта исследованных водоемов Южно-Таджикской депрессии

2) выделение ведущих таксонов, включающих в каждом таксономическом ранге 50% видового состава;

3) выделение большинства видового состава в каждом таксономическом ранге с помощью расчета стандартного отклонения.

В целях проявления тенденции изменения таксономических спектров изучаемой альгофлоры, выделенных каждым из трех методов, и для их последующего сравнения выявленная флора водорослей была разделена на слои в соответствии с высотой местообитания (100–500, 500–1000, 1000–1500, 1500–2000 и 2000–2500 м над ур. моря). Такой подход используется впервые.

Для изучения внутривидовой изменчивости как адаптационного свойства видов рассчитаны индексы внутривидового полиморфизма как частного от деления числа таксонов видового и внутривидового ранга на число видов (Vaginova, 2011b). Это новый для отечественной сравнительной флористики индекс, разработанный пока только для флор водорослей. Списки видов сравниваемых флор водорослей могут быть составлены непосредственно исследователем на основе своих материалов, а также могут быть использованы литературные данные. В любом случае для всех сравниваемых флор водорослей делается приведение к современной на настоящий мо-

мент таксономии с помощью *algaebase.org* (Guiry, Guiry, 2013). Авторы исходят из представления о флоре как о географически очерченном комплексе популяций видов (Толмачев, 1974). Таксоны подвигового ранга у водорослей с развитием современных методов таксономии чаще включаются в морфологический комплекс вида (Guiry, Guiry, 2013), однако даже при современной тенденции повышения таксономического ранга многие из них остаются валидными, поскольку отличаются экологической приуроченностью (Барина и др., 2006), вполне соответствуя представлению Е. Одума (Odum, Barrett, 2004) о нише, как о профессии. Таким образом, состав внутривидового разнообразия, будучи добавленным в экологическом плане к составу собственно видов, отражает интенсивность воздействия среды и климата на процесс ее формирования.

Результаты и обсуждение

В отобранных пробах было определено 1072 таксона видового ранга, 1190 вместе с разновидностями и формами (табл. 1) из 9 отделов. Разнообразии водорослей Таджикистана высокое, составляет более 2000 видов и внутривидовых таксонов (<http://www.tajik-gateway>), однако полного списка до сих пор не опубликовано. Мы составили список для исследованной территории, и он находится в

Таблица 1

Общий таксономический состав флоры водорослей Южно-Таджикской депрессии

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид	Вид и внутривидовые таксоны	Ssp/Sp Index
Heterokontophyta	7	26	45	102	426	491	1,15
Сyanobacteria	1	5	18	61	199	208	1,05
Dinophyta	1	4	7	12	24	29	1,21
Cryptophyta	1	1	1	1	1	1	1,00
Rhodophyta	1	1	1	1	2	2	1,00
Charophyta	3	4	9	19	111	126	1,14
Glaucophyta	1	1	1	1	1	1	1,00
Chlorophyta	6	15	37	94	191	196	1,03
Euglenophyta	1	3	7	21	117	136	1,16
Всего	22	60	126	313	1072	1190	–

процессе публикации (Barinova et al., 2014 In press). Разнообразие флоры водоемов в Южно-Таджикской депрессии представляет большую часть альгофлоры Таджикистана и может быть сравнимо по величине с альгофлорами таких регионов, как Турция (Aysel, 2004), Грузия (Barinova et al., 2011a) или Израиль (Barinova et al., 2011b).

В целях определения достаточности выявленно-го видового состава для флористического анализа построена кривая Виллиса (Баринова и др., 2006; Barinova, 2011a). Оказалось, что ее форма заметно приближена к гиперболической линии тренда, что указывает на возможность достоверного статистического анализа.

Мы подсчитали индекс внутривидового полиморфизма как соотношение общего числа видов и внутривидовых таксонов и таксонов видового ранга для каждого из отделов водорослей. В табл. 1 показано, что среди многовидовых отделов как самостоятельных во флористическом отношении групп наиболее полиморфны виды у диатомовых и харовых водорослей (1,15 и 1,14 соответственно). Это сравнимо с полиморфизмом региональных флор (Barinova, 2011b) Британских островов (1,15) и Грузии (1,19), больше, чем у Турции (1,09) и Израиля (1,09), но меньше, чем для Центральной Европы (1,21), Центральных штатов США (1,23), Монголии (1,36), Беларуси (1,42) и Польши (1,48). Индекс полиморфизма для флоры водорослей Южно-Таджикской депрессии в целом составляет 1,11, укладываясь в ряд широтного тренда этой величины (Barinova, 2011b).

Расположение видового состава в полной флоре по высотному градиенту (табл. 2) показывает неравномерность распределения не только по общему числу видов (максимальное число видов составляет 780 на высоте до 1000 м), но также и по таксономическому составу. На рис. 2 видно, что при общем преобладании диатомовых и хризифитовых водорослей, доля зеленых остается постоянной, доля эвгленовых уменьшается, а доля харовых увеличивается с высотой.

Головная часть таксономического спектра, выделенная каждым из трех методов, отличалась как по количеству, так и по составу ведущих таксонов (табл. 3). Следует уточнить, что ведущие таксоны выделялись для каждого слоя флоры как в целом, так и по высотности местообитания. Однако на каждой высоте водоросли проявляли свои предпочтения, меняя головную часть спектра. Из-за этого происходило увеличение общего списка ведущих таксонов, поскольку по мере анализа каждого высотного слоя флоры к числу ведущих таксонов нижнего высотного слоя прибавлялись таксоны из каждого вышележащего слоя флоры, которые ранее не входили в таковые нижележащего слоя.

В табл. 3 показано, что при выделении 10 таксонов, в анализ входили все 9 отделов, тогда как 50% видового состава выделяло только 3 отдела, а по стандартному отклонению их было 4. Та же закономерность наблюдалась при выделении ведущих классов и порядков. Однако в анализе семейств и родов число таксонов, включенных в анализ, явно росло.

Таблица 2

Распределение числа видов в отделах водорослей Южно-Таджикской депрессии по высотности местообитаний

Отдел	Высота над ур. моря, м				
	500	1000	1500	2000	2500
Heterokontophyta	177	391	89	27	5
Cyanobacteria	97	149	25	20	0
Chlorophyta	67	155	42	11	1
Euglenophyta	33	110	28	3	0
Charophyta	24	88	33	11	0
Dinophyta	15	14	6	0	0
Cryptophyta	1	0	0	0	0
Rhodophyta	0	2	0	0	0
Glaucophyta	0	1	0	0	0
Число видов	371	780	202	66	5
Число видов и внутривидовых таксонов	414	910	223	72	6
Ssp/Sp Index	1,12	1,17	1,10	1,09	1,20

Таблица 3

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

Число таксонов, участвующих в анализе	10 таксонов	50%	STDEV
Отдел	9	3	4
Класс	12	6	7
Порядок	15	9	15
Семейство	21	25	31
Род	29	59	74

Сравнение результатов анализа сообществ по высотному градиенту представлено в табл. 4. 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.

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 достовер-

ным (соответствует данным, полученным по методу STDEV) при выделении методом 10 таксонов оказывается анализ отделов, что, несомненно, важно (Сёмкин и др., 2010), и классов. Однако этот метод не выдерживается для остальных таксономических уровней, т.е. 10 таксонов не достаточно для анализа, и по большему числу уровней полученные результаты недостоверны.

При выделении головной части спектра методом 50% статистически недостоверными оказываются данные почти всего анализа, хотя, как и в случае 10 таксонов, можно анализировать маловидовые сообщества, обитающие в нашем случае на высоте 2500 м. Таким образом, этот метод дает неполный анализ и по большему числу уровней недостоверный.

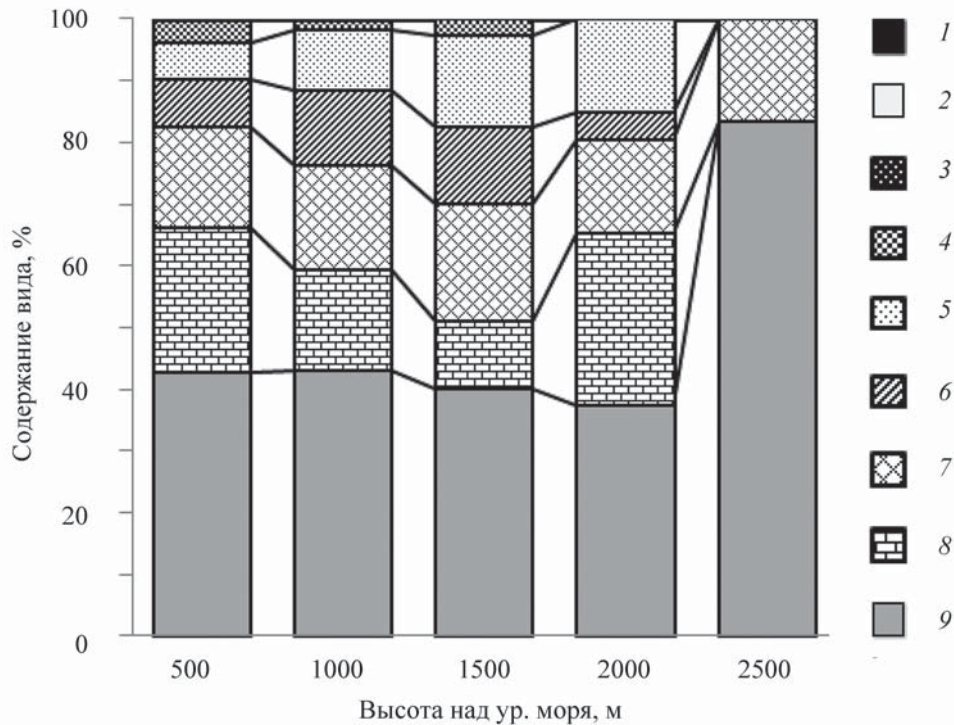


Рис. 2. Процентное соотношение видового состава в отделах водорослей по высотам местообитания в водоемах Южно-Таджикской депрессии: 1 – Glaucophyta, 2 – Rhodophyta, 3 – Cryptophyta, 4 – Dinophyta, 5 – Charophyta, 6 – Euglenophyta, 7 – Chlorophyta, 8 – Cyanobacteria, 9 – Heterokontophyta

Метод стандартного отклонения показал включение в анализ меньшей части видового состава на уровне отделов и классов, которой достаточно, но этот подход требует включения большего числа таксонов в анализ рангом ниже и является не только достоверным, но и достаточно полным. Для флоры водорослей Южно-Таджикской депрессии выделяются в качестве ведущих 4 отдела (табл. 3): Heterokontophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta и Charophyta. Из этих отделов наиболее представлены классы Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Conjugatophyceae. Из этих же отделов и эвгленовых наиболее представлены порядки Naviculales, Fragilariales, Sphaeropleales, Desmidiaceae, Scenedesmaceae, Euglenaceae с харовыми на первом месте; роды *Diatoma*, *Cosmarium*, *Fragilaria*, *Gomphonema* с диатомовыми и десмидиевыми на ведущих местах.

Неравномерность распределения видового состава и связь с высотностью местообитания проявляют адаптационные возможности флоры. Поскольку высотный градиент прочно связан с климатическими условиями, то наше распределение, показывая уменьшение видового богатства водорослей с высотой (рис. 3), отражает подавляющее воздействие высокогорных климатических условий на видовой богатство. Линия тренда ($R^2 = 0,54$)

указывает на его закономерное падение, несмотря на колебания на разных высотах. С увеличением высоты из сообществ уходят цианобактерии, как в горах Монголии и Гиндукуш (Barinova et al., 2013), но для более южных флор (горы Израиля и Грузии) эта закономерность не выдерживается. В то же время изменение индекса внутривидового полиморфизма, связанного с зональным и региональным положениями флоры, который отражает особенности флорогенеза и связь с определенными условиями (Barinova, 2013), имеет противоположную тенденцию (рис. 3). Сочетание этих двух закономерностей свидетельствует о подавляющем видовое богатство воздействию сурового климата высокогорий Южно-Таджикской депрессии, с одной стороны, но также и об увеличении адаптационных возможностей сообществ высокогорий за счет полиморфизма видов, с другой.

Таким образом, в изученных сообществах наиболее полиморфные виды принадлежат родам *Cosmarium*, *Closterium* (харовые), *Lepocinclis*, *Euglena*, *Trachelomonas* (эвгленовые), *Gomphonema*, *Nitzschia* (диатомовые), и *Scenedesmus* (зеленые водоросли). Интересно отметить, что в изучаемой флоре именно харовые водоросли по мере увеличения высоты увеличивают свое присутствие в сообществах при подавляющем большинстве диатомовых и понижении роли цианобактерий и эвгле-

Таблица 4

Видовой состав (%) по таксонам, участвующим в анализе флоры водорослей Южно-Таджикской депрессии разными методами*

Метод, Таксон	Высота над ур. моря, м				
	500	1000	1500	2000	2500
10 таксонов. Отдел	100	100	100	100	100
10 таксонов. Класс	98	100	95	100	100
10 таксонов. Порядок	72	73	73	79	100
10 таксонов. Семейство	46	49	52	54	100
10 таксонов. Род	19	27	28	30	100
50% таксонов. Отдел	71	61	60	66	83
50% таксонов. Класс	63	61	51	58	83
50% таксонов. Порядок	54	52	54	56	83
50% таксонов. Семейство	52	51	52	54	83
50% таксонов. Род	50	50	51	51	67
STDEV. Отдел	89	77	87	96	83
STDEV. Класс	74	83	83	85	83
STDEV. Порядок	72	73	62	83	83
STDEV. Семейство	74	67	55	76	83
STDEV. Род	69	56	65	49	100

*Критерием достоверности принято считать значение стандартного отклонения (STDEV) для каждого анализируемого множества. Жирным шрифтом выделены достоверные результаты.

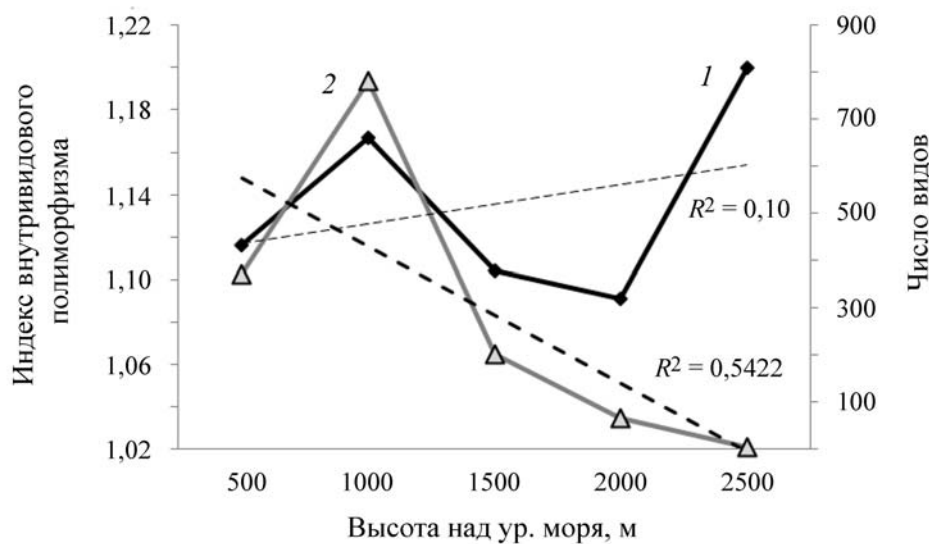


Рис. 3. Распределение числа видов водорослей Южно-Таджикской депрессии и индекса внутривидового полиморфизма по высотам местообитания: 1 – индекс внутривидового полиморфизма, 2 – число видов (пунктиром обозначены линии линейного тренда для каждого распределения)

новых. Это позволяет предположить, что харовые водоросли, наряду с диатомовыми, обладают не только большей устойчивостью в жестких климатических условиях, но также обладают, благодаря пластичности, ресурсом для сохранения видового богатства в высокогорных и высокоширотных регионах. Именно высокогорья в период последнего оледенения были резерватами и источниками постледникового расселения биоты (Hewitt, 1996, 1999). В то же время высокоширотные сообщества отличаются наибольшим количеством реликтовых форм (Hewitt, 1996, 2011), что свидетельствует о выживаемости отдельных, наиболее устойчивых видов в условиях климатических изменений. Увеличение доли харовых с высотой мы находили также в горах Кавказа (Baginova et al., 2011a). Из этого можно предположить, что харовые и диатомовые водоросли могут быть источником сохранения и развития разнообразия в условиях климатических изменений.

Работа частично поддержана фондом Министерства Абсорбции Израиля.

Таким образом, анализ головной части спектра флоры водорослей, обитающей в водоемах Южно-Таджикской депрессии и насчитывающей 1072 вида (1190 с разновидностями и формами) из 9 отделов, проведенный разными методами, показал, что статистически достоверными могут быть результаты, полученные для таксонов всех уровней методом стандартного отклонения, а методом выделения 10 таксонов только для уровня отделов, классов и порядков. Выделение методом 50% адекватно только для маловидовых сообществ. Видовое богатство уменьшается по мере возрастания высоты местообитания, а внутривидовой полиморфизм, наоборот, увеличивается. Выпадение с высотой цианобактерий из сообществ и обогащение сообществ харовыми и диатомовыми водорослями наряду с увеличением индекса полиморфизма свидетельствует о большей адаптационной способности харовых и диатомовых в условиях климатических изменений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анисимова О.В. Пресноводная альгофлора северо-восточной части Алтайского Государственного заповедника. Автореф. канд. дис. М., 2000. 24 с.
- Анисимова О.В., Барينوва С.С. Сравнительно-флористический анализ альгофлоры Алтайского государственного заповедника и некоторых заповедников Евразии // Развитие сравнительной флористики в России: вклад школы А.И.Толмачева. Мат-лы VI рабочего совещания по сравнительной флористике. Сыктывкар, 2003. С. 175–180.
- Ахметова Н.И. Диатомовые водоросли Восточного Балхаша. Автореф. канд. дис. Л., 1986. 25 с.
- Барينوва С.С. Анализ альгофлоры Артемовского водохранилища (Приморский край) // Криптогамические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток, 1990. С. 29–44.
- Барينوва, С.С., Медведева, Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Pilies Studio, Тель Авив, 2006. 498 с.
- Бурова О.В., Жежера М.Д. Водоросли Национального природного парка «Деснянсько Старогутський». Сумы, 2013. 182 с.
- Габышев В.А., Иванова А.П., Габышева О.И. Особенности развития фитопланктона малых рек бассейна Средней Лены // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2010. Т. 115. № 6. С. 48–54.
- Джумаева Г.Р., Хисориев Х.Х. Биоразнообразие водорослей группы термальных источников Джеланды // Вестн. Хорогского ун-та. Сер. 1. 2002. № 5. С. 171–176.
- Курбонова П.А. Систематический состав водорослей р. Шохдары // Докл. АН РТ. 2007. Т. 50. № 4. С. 368–373.
- Лащинский Н.Н., Седельникова Н.В., Сафонова Т.А., Писаренко О.Ю., Перова Н.В., Горбунова И.А., Лащинская Н.В. Флора Салаирского края. Новосибирск, 2007. 252 с.
- Медведева Л.А., Барينوва С.С., Кухаренко Л.А. Водоросли бассейна р. Рудная (Приморский край). Флора и систематика споровых растений Дальнего Востока. Владивосток, 1986. С. 36–48.
- Паламарь-Мордвинцева Г.М. Десмидиевые водоросли Украинской ССР (Систематика, экология, филогения, пути эволюции, флора и географическое распространение). Киев, 1982. 237 с.
- Сафаров Н. Национальная стратегия и план действий по сохранению и рациональному использованию биоразнообразия. Душанбе, 2003. 18 с.
- Сёмкин Б.И. Теоретико-графовые методы в сравнительной флористике. Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. Л., 1987. С. 149–163.
- Сёмкин Б.И., Ключкова Н.Г., Гусарова И.С., Горшков М.В. Дискретность и континуальность флор водорослей-макрофитов Дальневосточных морей России. III. Таксономические спектры // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 160. С. 57–70.
- Толмачёв А.И. Введение в географию растений. Л., 1974. 244 с.
- Харитонов В.Г. Диатомовые водоросли озера Майорского (Анадырский район) // Бот. журн. 1981. Т. 66. Вып. 4. С. 542–549.
- Шмидт В.М. Количественные показатели в сравнительной флористике // Ботанический журнал 1974. Т. 59. Вып. 7. С. 929–940.
- Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л., 1980. 176 с.
- Юрцев Б.А. Флора Сунтар-Хаята. Л., 1968. 235 с.
- Aysel V. Check-list of the freshwater algae of Turkey // J. Black Sea/Mediterranean Envir. 2005. Vol. 11. P. 1–124.
- Barinova S.S., Anissimova O.V., Nevo E., Jarygin M.M., Wasser S.P. Diversity and ecology of algae from Nahal Qishon,

- Northern Israel // Plant Biosystems. 2004. Vol. 138. N 3. P. 145–259.
- Barinova S.S., Anissimova O.V., Nevo E., Wasser S.P.* Diversity and ecology of phytoplankton and periphyton of the Nahal Oren, Alon Natural Park, Northern Israel // Algological Studies. 2005. Vol. 116. P. 169–197.
- Barinova S.S., Tavassi M., Nevo E.* Algal indicator system of environmental variables in the Hadera River basin, central Israel // Plant Biosystems. 2006a. Vol. 140. N 1. P. 65–79.
- Barinova S.S., Tavassi M., Nevo E.* Diversity and ecology of algae from the Alexander River (Central Israel) // Flora Mediterranea. 2006b. Vol. 16. P. 111–132.
- Barinova S.* Algal diversity dynamics, ecological assessment, and monitoring in the river ecosystems of the eastern Mediterranean. N.Y., 2011a. 353 p.
- Barinova S.* The effect of altitude on distribution of freshwater algae in continental Israel // Current Topics in Plant Biology. 2011b. Vol. 12. P. 89–95.
- Barinova S.* Multilevel approach in biodiversity analysis of freshwater algae // Expert Opinion on Environ. Biol. 2013. Vol. 2. N 2. P. 1–2.
- Barinova S., Ali N., Barkatullah, Sarim F.M.* Ecological adaptation to altitude of algal communities in the Swat Valley (Hindu Kush Mountains, Pakistan) // Expert Opinion on Environ. Biol. 2013. Vol. 2. N 2. P. 1–15.
- Barinova S., Petrov A., Nevo E.* Comparative analysis of algal biodiversity in the rivers of Israel // Central Europ. J. Biol. 2011c. Vol. 6. N 2. P. 246–259.
- Barinova S.S., Kukhaleishvili L., Nevo E., Janelidze Z.* Diversity and ecology of algae in the Algeti National Park as a part of the Georgian system of protected areas // Turk. J. Bot. 2011a. Vol. 35. P. 729–774.
- Barinova S., Boboev M., Hisoriev H.* Freshwater algal diversity of the South-Tajik Depression in a high mountainous extreme environment // Turk. J. Bot. 2014 (In press).
- Cavalier-Smith T.* Only six kingdoms of life // Proc. R. Soc. Lond. B. 2004. Vol. 271. P. 1251–1262.
- Candolle A. de.* Géographie botanique raisonnée ou exposition des faits principaux et des lois concernant la distribution géographique des plantes de l'époque actuelle, 1855. V. Masson, Paris; J. Kessman, Genève.
- Freshwater ecoregions of the world (FEOW). Available from: <http://feow.org/> [accessed 03 January 2014].
- Guiry M.D., Guiry G.M.* AlgaeBase. World-wide electronic publication. National University of Ireland Press. Galway, 2013.
- Hewitt G.M.* Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation. Biol. J. Linn. Soc. 1996. Vol. 58. P. 247–276.
- Hewitt G.M.* Post-glacial recolonization of European Biota // Biol. J. Linn. Soc. 1999. Vol. 68. P. 87–112.
- Hewitt G.M.* Quaternary phylogeography: the roots of hybrid zones // Genetica. 2011. Vol. 139. P. 617–638.
- http://www.tajik-gateway.org/wp/?page_id=29835&print=pdf
- Odum E., Barrett G.W.* Fundamentals of Ecology. 5 edition, 2004. Cengage Learning.

Поступила в редакцию 13.03.14

CRITICAL APPROACH TO THE ANALYSIS OF FLORISTIC FRESHWATER ALGAL FLORA ON THE EXAMPLE OF SOUTH-TAJIK DEPRESSION

S.S. Barinova, M.T. Boboev

Analysis approaches for highlight the head of the taxonomic spectrum of algal flora was carried out on the example of the split-altitude habitats for a complete list of species of the South-Tajik depression including the 1072 species (1190 taxa with varieties and forms) of 9 taxonomic Divisions. Of the three methods were statistically significant results for the taxa at all levels by the standard deviation, and the allocation of 10 taxa only for the level of divisions, classes and orders. Allocation by 50% was adequate only for low-specific communities. We found that species richness decreases with increasing altitude of habitats and intraspecific polymorphism, on the contrary, increased from 1.12 to 1.20 with altitude. Cyanobacteria decreased in the flora with altitude of habitats. There has also been enriching communities by charophytes and diatom algae along with the increase of the index of species polymorphism, which indicates a greater adaptive capacity of charophytes and diatoms in the face of climate change.

Keywords: Flora, Freshwater algae, Statistical Methods, Southern Tajikistan.

Сведения об авторах: *Баринова София Степановна* – ст. лектор Института эволюции Университета Хайфы, канд. биол. наук (barinova@research.haifa.ac.il); *Бобоев Мариё Тиллоевич* – науч. сотр. Халтонского научного центра Республики Таджикистан, канд. биол. наук (b_mario@mail.ru).