

Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) термальных и минеральных вод Памира

Т. П. Ниятбеков¹, С. С. Баринава^{2*}

¹Институт ботаники, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан
ул. Карамов, 27, Душанбе, 734017, Республика Таджикистан
e-mail: tohir-73@mail.ru

²Институт эволюции, Университет Хайфы, 3498838, Израиль
e-mail: sophia@evo.haifa.ac.il

Аннотация

Изучен видовой состав диатомовых водорослей (Bacillariophyta) термальных и минеральных вод Памира; выявлено 138 видов (163 с разновидностями и формами), относящихся к 51 роду, 28 семействам, 15 порядкам и 3 классам, из которых 22 вида являются новыми для изученного региона. Отмечено преобладание представителей семейств Naviculaceae и Cymbellaceae по 18 видов) и родов *Navicula*, *Cymbella* и *Nitzschia* в общем составе Bacillariophyta. Сравнительный анализ таксономического состава альгофлоры источников показал преобладание шовных диатомовых. Методами сравнительной флористики выявлена высокая индивидуальность видового состава флор исследуемых источников.

Ключевые слова: Bacillariophyta, Джеланды, Авдж, Гарм-Чашма, Сассыкбулак, Сист, Баршор, Республика Таджикистан.

Введение. Памир очень богат термальными и минеральными водами, которые являются уникальными местообитаниями, характеризующимися постоянно повышенной температурой воды от 10 °С до 86 °С и различным химическим составом, а также насыщением углекислым и азотными газами. Они представляют разные группы минерального состава вод от сероводородно-кремнистых, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевых, хлоридно-сульфатно-кальциево-натриевых, гидрокарбонатно-сульфатно-натриевых до слаборадоновых-хлоридно-сульфатных (Табл. 1). В этих водах в течение многих веков образовывалось и развивалось особое сообщество водорослей с определённым видовым составом и степенью устойчивости видов к своеобразно экстремальным условиям окружающей среды [1].

Источники Джеланды, Авдж, Гарм-Чашма, Сассыкбулак, Сист и Баршор относятся к особо охраняемым природным территориям (ООПТ), как природные курортные, лечебно-оздоровительные и рекреационные зоны. Источник Сассыкбулак, в свою очередь, находится на территории Таджикского

* Авторы: Ниятбеков Тоирбек Потшоевич — канд. биол. наук, зав. отделом Флоры и систематики растений, Институт ботаники, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан; e-mail: tohir-73@mail.ru;

Баринава София Степановна — канд. биол. наук, проф., зав. лаб. Биоразнообразия и экологии водорослей, Институт эволюции, Университет Хайфы, Израиль; e-mail: sophia@evo.haifa.ac.il.

национального парка, который организован Постановлением Правительства Республики Таджикистан № 267 от 20 июля 1992 г. и с 2012 г. является объектом всемирного наследия ЮНЕСКО в Таджикистане (Рис. 1).

Таблица 1. Основные характеристики химического состава термальных и минеральных источников Памира [1]

Table 1. The main characteristics of the chemical composition of the thermal and mineral sources of Pamir [1]

Высота м*	Название источника	Химический состав воды	Температура °С	Кислотность pH
<i>Восточный Памир</i>				
3600	Джеланды	Углекисло-гидрокарбонатно-сульфатно-натриевая и кремнистая	21–86	7,8
3800	Сассыкбулак	Слаборадоновая-хлоридно-сульфатно-натриевая	22	7,4
<i>Западный Памир</i>				
2410	Авдж	Углекисло-гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевая	35	7,1
2800	Гарм-Чашма	Сероводородно-углекислые	40–62	7,1
2400	Баршор	Углекислая хлоридно-сульфатно-кальциево-натриевая	10–15	6,4
2360	Сист	Сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магниевая	10–12	5,8

* — высота над уровнем моря в метрах.

Целью работы было исследование видового состава диатомовых (Bacillariophyta) водорослей, обитающих в термальных и минеральных источниках Памира на основе собственных и литературных данных для того, чтобы охарактеризовать флору ООПТ Таджикистана (Рис. 1).

Материал и методы. Альгологический материал был нами собран в июле–августе 2000–2015 гг. в различных источниках: Джеланды, расположенного в бассейне реки Гунт (Рис. 1Прил., Рис. 2Прил.); Авдж, Гарм-Чашма, Сист и Баршор расположенных в бассейне правого притока реки Пяндж; Сассыкбулак, который находится вблизи озера Яшилькуль, на высоте от 2360 м до 3800 м над уровнем моря. Всего из различных местообитаний и грифонов с температурой воды от 10 °С до 86 °С было собрано и обработано более 150 альгологических образцов.

Освобождение створок диатомовых водорослей от органических веществ проводили методом холодного сжигания [2]. Для исследования были использованы световой микроскоп СМ (Nikon Eclipse E 600, Japan, x 450–1000) и сканирующий электронный микроскоп СЭМ (JEOL JSM-25S, Japan, x 1000–24000). Идентификация видов диатомеи проводилась в Институте ботаники, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан и в Институте эволюции Университета Хайфы, Израиль, с использованием определителей, систематических сводок, монографий, отдельных статей и веб сайтов [3–7].



Рис. 1. Расположение исследованных источников минеральных и термальных вод Памира:
 1 – Джеланды, 2 – Авдж, 3 – Гарм-Чашма, 4 – Сассыкбулак, 5 – Сист, 6 – Баршор.
Fig. 1. Location of the investigated sources of mineral and thermal waters of the Pamirs:
 1 – Jelandy, 2 – Avdzh, 3 – Garm-Chashma, 4 Sassikbulak, 5 – Sist, 6 – Barshor

Результаты. Видовой состав. Всего по литературным данным [1] для термальных и минеральных источников Памира до наших исследований было указано 114 видов (157 внутривидовых таксонов) диатомовых водорослей. Наши исследования и тщательная ревизия дополнили предыдущие данные, таким образом, в настоящее время известно 138 видов (163 вместе с внутривидовыми таксонами) диатомей (Таблица 2), из которых 22 таксона являются новыми для термальных и минеральных вод Памира. Это, в основном, пеннатные виды: *Ellerbeckia arenaria*, *Achnanidium minutissimum*, *A. thermale*, *Rossithidium anastasiae*, *Cymbella compacta*, *C. falaisensis*, *C. laevis*, *Cymbopleura naviculiformis*, *Encyonema alpinum*, *E. elginense*, *E. pergracile*, *E. leibleinii*, *Eunotia faba*, *Fragilaria vaucheriae*, *F. tenera*, *Hannaea arcus*, *Ulnaria oxyrhynchus*, *Achnanthes exigua*, *Pinnularia elegans*, *P. gibbiformis*, *Odontidium anceps* и *Meridion constrictum*.

Таблица 2. Видовой состав диатомовых термальных и минеральных источников Памира
 Table 2. Species composition of diatoms in thermal and mineral sources of Pamir

Таксон		Название источника											
		Джеланды		Авдж		Гарм-Чашма		Сассык-булак		Сист		Баршор	
		В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ
		вт — видовые, ввт — внутривидовые таксоны											
	Род 1. <i>Denticula</i> Kützing, 1844	1	1	1	1					1	1		
1	<i>Denticula elegans</i> Kützing, 1844			1	1								
2	<i>D. thermalis</i> Kützing, 1844	1	1							1	1		
	Род 2. <i>Nitzschia</i> Hassall, 1845	6	8	2	2	1	1	1	1	1	1		1
3	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow, 1862	1	1										
	<i>N. amphibia</i> var. <i>thermalis</i> Grunow, 1862		1										
4	<i>N. dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst, 1860	1	1										
5	<i>N. dubia</i> W. Smith, 1853	1	1										
6	<i>N. fasciculata</i> (Grunow) Grunow in Van Heurck, 1881							1	1				
7	<i>N. gracilis</i> Hantzsch, 1860	1	1										
8	<i>N. gradifera</i> Hustedt, 1922									1	1		
9	<i>N. linearis</i> W. Smith, 1853	1	1										
	<i>N. linearis</i> var. <i>tenuis</i> (W. Smith) Grunow in Cleve et Grunow, 1880												1
10	<i>N. sublinearis</i> Hustedt, 1930			1	1								
11	<i>N. subtilis</i> (Kützing) Grunow in Cleve et Grunow, 1880			1	1								
12	<i>N. thermalis</i> (Ehrenberg) Auerswald in Rabenhorst, 1861	1	1										
	<i>N. thermalis</i> var. <i>minor</i> Hilse, 1862		1										
13	<i>N. vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch in Rabenhorst, 1860					1	1						
	Род 3. <i>Achnanthydium</i> Kützing, 1844	3	3										
14	<i>Achnanthydium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki, 1994	1	1										
15	<i>A. minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki, 1994	1	1										
16	<i>A. thermale</i> Rabenhorst, 1864	1	1										

Таксон		Название источника											
		Джеланды		Авдж		Гарм-Чашма		Сассык-булак		Сист		Баршор	
		в	ввт	в	ввт	в	ввт	в	ввт	в	ввт	в	ввт
		вт — видовые, ввт — внутривидовые таксоны											
	Род 4. <i>Eucocconeis</i> Cleve ex Meister, 1912	1	1										
17	<i>Eucocconeis flexella</i> (Kützing) Meister, 1912	1	1										
	Род 5. <i>Planothidium</i> Round et Bukhtiyarova, 1996									1	1		
18	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot, 1999									1	1		
	Род 6. <i>Rossithidium</i> Bukhtiyarova et Round, 1996									1	1		
19	<i>Rossithidium anastasiae</i> (Kaczyn.) Potapova, 2012									1	1		
	Род 7. <i>Cocconeis</i> Ehrenberg, 1837	1	2	3	3								
20	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg, 1838			1	1								
21	<i>C. placentula</i> Ehrenberg, 1838	1	1	1	1								
	<i>C. placentula</i> var. <i>rouxii</i> (Héribaud-Joseph et Brun) Cleve, 1895		1										
22	<i>C. scutellum</i> Ehrenberg, 1838			1	1								
	Род 8. <i>Cymbella</i> Agardh, 1830	9	9	4	5	1	1	4	4	2	2	2	2
23	<i>Cymbella affinis</i> Kützing, 1844	1	1					1	1				
24	<i>C. aspera</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894	1	1										
25	<i>C. cistula</i> (Ehrenberg) O.Kirchner, 1878			1	1								
26	<i>C. compacta</i> Østrup, 1910	1	1			1	1	1	1				
27	<i>C. cymbiformis</i> C. Agardh, 1830	1	1									1	1
28	<i>C. falaisensis</i> (Grunow) Krammer et Lange-Bertalot 1985									1	1		
29	<i>C. helvetica</i> Kützing 1844			1	1								
	<i>C. helvetica</i> var. <i>curta</i> Cleve 1894				1								
30	<i>C. hustedtii</i> Krasske, 1923	1	1										
31	<i>C. laevis</i> Nägeli in Rabenhorst, 1863	1	1					1	1				
32	<i>C. lanceolata</i> (C.Agardh) C.Agardh, 1830	1	1									1	1
33	<i>C. stuxbergii</i> (Cleve) Cleve,	1	1										

Таксон		Название источника											
		Джеланды		Авдж		Гарм-Чашма		Сассык-булак		Сист		Баршор	
		В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ
		вт — видовые, ввт — внутривидовые таксоны											
	1894												
34	<i>C. tartuensis</i> Molder			1	1					1	1		
35	<i>C. tumida</i> (Brébisson) van Heurck, 1880			1	1				1	1			
36	<i>C. ventricosa</i> Kützing, 1844	1	1										
	Род 9. <i>Cymbopleura</i> (Krammer) Krammer, 1997	2	2						1	1			
37	<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer, 2003	1	1						1	1			
38	<i>C. reinhardtii</i> (Grunow) K.Krammer, 2003	1	1										
	Род 10. <i>Didymosphenia</i> M. Schmidt 1899	1	1			1	1						
39	<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngbye) M. Schmidt, 1899	1	1			1	1						
	Род 11. <i>Kurtkammeria</i> L.Bahls, 2015	1	1										
40	<i>Kurtkammeria aequalis</i> (W.Smith) L.Bahls, 2015	1	1										
	Род 12. <i>Encyonema</i> Kützing, 1833			4	4	2	2					1	1
41	<i>Encyonema alpinum</i> (Grunow) D.G. Mann in Round, R.M.Crawford et D.G.Mann, 1990			1	1								
42	<i>E. elginense</i> (Krammer) D.G.Mann in Round, Crawford et Mann, 1990			1	1	1	1						
43	<i>Encyonema leibleinii</i> (C.Agardh) W.J.Silva, R.Jahn, T.A.Veiga Ludwig et M.Menezes, 2013			1	1								
44	<i>E. pergracile</i> Krammer, 1997			1	1	1	1					1	1
	Род 13. <i>Gomphonema</i> Ehrenberg, 1832	3	3	3	4					1	1	1	1
45	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst, 1864			1	1								
46	<i>G. gracile</i> Ehrenberg, 1838	1	1									1	1
47	<i>G. longiceps</i> Ehrenberg, 1854			1	1					1	1		
	<i>G. longiceps</i> var. <i>subclavatum</i> Grunow in Schneider, 1878				1								
48	<i>G. olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson, 1838	1	1										

Таксон		Название источника											
		Джеланды		Авдж		Гарм-Чашма		Сассык-булак		Сист		Баршор	
		В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ
		вт — видовые, ввт — внутривидовые таксоны											
49	<i>G. productum</i> (Grunow) Lange-Bertalot et Reichardt in Lange-Bertalot, 1993	1	1										
50	<i>G. ventricosum</i> Gregory, 1856			1	1								
	Род 14. <i>Placoneis</i> Mereschkowsky, 1903	2	2									1	1
51	<i>Placoneis amphibola</i> (Cleve) E.J.Cox, 2003											1	1
52	<i>P. exigua</i> (Gregory) Mereschkovsky, 1903	1	1										
53	<i>P. placentula</i> Heinzerling, 1908	1	1										
	Род 15. <i>Actinella</i> Lewis 1864	1	1										
54	<i>Actinella punctata</i> F.W. Lewis, 1864	1	1										
	Род 16. <i>Eunotia</i> Ehrenberg, 1837	1	1					1	1				
55	<i>Eunotia diodon</i> Ehrenberg, 1837	1	1										
56	<i>E. faba</i> Ehrenberg, 1837							1	1				
	Род 17. <i>Fragilaria</i> Lyngbye, 1819	1	1	2	2								
57	<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F.Carlson, 1913			1	1								
58	<i>F. tenera</i> (W.Smith) Lange-Bertalot, 1980	1	1										
59	<i>F. vaucheriae</i> (Kützing) J.B.Petersen, 1938			1	1								
	Род 18. <i>Fragilariforma</i> Williams et Round, 1988	1	1										
60	<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D.M.Williams et Round, 1988	1	1										
	Род 19. <i>Odontidium</i> Kützing, 1844	2	2			1	1	1	1				
61	<i>Odontidium anceps</i> (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard, 1861	1	1					1	1				
62	<i>Odontidium mesodon</i> (Kützing) Kützing, 1849	1	1			1	1						
	Род 20. <i>Synedra</i> Ehrenberg, 1830			2	2								
63	<i>Synedra goulardii</i> Brébisson ex Cleve et Grunow, 1880			1	1								
64	<i>S. montana</i> Krasske ex Hustedt, 1932			1	1								
	Род 21. <i>Staurosira</i> Ehrenberg, 1843			1	1							1	1
65	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg, 1843			1	1							1	1

Таксон		Название источника											
		Джеланды		Авдж		Гарм-Чашма		Сассык-булак		Сист		Баршор	
		в	ввт	в	ввт	в	ввт	в	ввт	в	ввт	в	ввт
		вт — видовые, ввт — внутривидовые таксоны											
	Род 22. <i>Hannaea</i> Patrick in Patrick et Reimer, 1966	1	1	1	1	1	1						
66	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) R.M.Patrick, 1966	1	1	1	1	1	1						
	Род 23. <i>Tabularia</i> (Kützing) Williams et Round, 1986	1	1										
67	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams et Round, 1986	1	1										
	Род 24. <i>Ulnaria</i> Compère, 2001	1	1										
68	<i>Ulnaria oxyrhynchus</i> (Kützing) Aboal in Aboal, Alvarez Cobelas, Cambra et Ector, 2003	1	1										
	Род 25. <i>Achnanthes</i> Bory, 1822	1	2			1	1	1	1				
69	<i>Achnanthes gibberula</i> Grunow in Cleve et Grunow, 1880	1	1			1	1	1	1				
	<i>A. gibberula</i> var. <i>interrupta</i> V.S.Poretzky et Anisimova, 1933		1										
	Род 26. <i>Aneumastus</i> Mann et Stickle in Round, Crawford et Mann, 1990	1	1					1	1				
70	<i>Aneumastus minor</i> Lange-Bertalot, 1993	1	1									1	1
71	<i>A. rostratus</i> (Hustedt) Lange-Bertalot, 2001							1	1				
	Род 27. <i>Mastogloia</i> Thwaites in W. Smith, 1856	1	1										
72	<i>Mastogloia smithii</i> Thwaites, 1856	1	1										
	Род 28. <i>Halamphora</i> (Cleve) Levkov, 2009	1	1	1	1	1	1			1	1		
73	<i>Halamphora acutiuscula</i> (Kützing) Levkov, 2009			1	1								
74	<i>H. coffeiformis</i> (C.Agardh) Levkov, 2009									1	1		
75	<i>H. subcapitata</i> (Kisselew) Levkov, 2009					1	1						
76	<i>H. veneta</i> (Kützing) Levkov, 2009	1	1										
	Род 29. <i>Parlibellus</i> Cox, 1988	1	1										
77	<i>Parlibellus crucicula</i> (W.Smith) Witkowski, Lange-Bertalot et Metzeltin, 2000	1	1										
	Род 30. <i>Brachysira</i> Kützing, 1836	1	1										

Таксон		Название источника											
		Джеланды		Авдж		Гарм-Чашма		Сассык-булак		Сист		Баршор	
		В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ
		вт — видовые, ввт — внутривидовые таксоны											
78	<i>Brachysira serians</i> (Brébisson) Round et D.G.Mann, 1981	1	1										
	Род 31. <i>Cosmioneis</i> D.G.Mann et Stickle, 1990			1	1								
79	<i>Cosmioneis brasiliiana</i> (Cleve) C.E.Wetzel et Ector in Wetzel et al., 2017			1	1								
	Род 32. <i>Humidophila</i> Lowe et al., 2014	1	1										
80	<i>Humidophila perpusilla</i> (Grunow) Lowe et al., 2014	1	1										
	Род 33. <i>Diploneis</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894	2	2			1	1						
81	<i>Diploneis oblongella</i> (Nägeli ex Kützing) Cleve-Euler, 1922	1	1			1	1						
82	<i>D. ovalis</i> (Hilse) Cleve, 1891	1	1										
	Род 34. <i>Caloneis</i> Cleve, 1894	2	3									1	1
83	<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve, 1894	1	1									1	1
84	<i>C. silicula</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894	1	1										
	<i>C. silicula</i> var. <i>kjellmaniana</i> Cleve, 1894		1										
	Род 35. <i>Navicula</i> Bory de Saint-Vincent 1822	4	6	4	4	1	1	3	3	1	1	2	3
85	<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs, 1861	1	1										
86	<i>N. cryptocephala</i> Kützing, 1844	1	1										
	<i>N. cryptocephala</i> var. <i>lata</i> Poretzky et Anisimova, 1933		1										
87	<i>N. dicephala</i> Ehrenberg, 1838	1	1										
88	<i>N. digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs in Prichard, 1861							1	1				
89	<i>N. gottlandica</i> Grunow in Van Heurck, 1880	1	1										
	<i>N. lacustris</i> var. <i>paulseniana</i> (J.B.Petersen) Zabelina, 1951												1
90	<i>N. lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg, 1838			1	1								
91	<i>N. lucidula</i> Grunow, 1880											1	1
92	<i>N. peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844							1	1				
93	<i>N. rhynchocephala</i> Kützing,			1	1								

Таксон		Название источника											
		Джеланды		Авдж		Гарм-Чашма		Сассык-булак		Сист		Баршор	
		В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ
		вт — видовые, ввт — внутривидовые таксоны											
	1844												
94	<i>N. rostellata</i> Kützing, 1844											1	1
95	<i>N. rotaeana</i> (Rabenhorst) Grunow, 1880			1	1								
96	<i>N. scutum</i> Schumann 1862									1	1		
97	<i>N. tenella</i> Brébisson ex Kützing 1849							1	1				
98	<i>N. tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory in Bory de Saint-Vincent 1822			1	1								
	<i>Navicula tuscula</i> f. <i>intermedia</i> Kisseleva [Kisselev], 1932		1										
99	<i>N. viridula</i> (Kützing) Ehrenberg, 1836					1	1						
	Род 36. <i>Neidiomorpha</i> Lange-Bertalot et Cantonati, 2010	1	1										
100	<i>Neidiomorpha binodis</i> (Ehrenberg) M.Cantonati, Lange-Bertalot et N.Angeli, 2010	1	1										
	Род 37. <i>Neidium</i> Pfitzer, 1871			2	3								
101	<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfizer, 1871			1	1								
	<i>Neidium affine</i> var. <i>undulatum</i> (Grunow) Cleve, 1894				1								
102	<i>N. productum</i> (W.Smith) Cleve, 1894			1	1								
	Род 38. <i>Pinnularia</i> Ehrenberg, 1843	5	5	1	1							1	1
103	<i>Pinnularia appendiculata</i> (C.Agardh) Schaarschmidt, 1881	1	1										
104	<i>P. elegans</i> (W.Smith) K.Krammer, 1992	1	1										
105	<i>P. fonticola</i> Hustedt, 1922	1	1										
106	<i>P. gibbiformis</i> K.Krammer, 1992	1	1										
107	<i>P. lata</i> (Brébisson) W.Smith, 1853	1	1										
108	<i>P. microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve, 1891			1	1								
109	<i>P. viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg, 1843											1	1
	Род 39. <i>Sellaphora</i> Mereschkowsky, 1902			1	1								
110	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky, 1902			1	1								

Таксон		Название источника											
		Джеланды		Авдж		Гарм-Чашма		Сассык-булак		Сист		Баршор	
		В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ
		вт — видовые, ввт — внутривидовые таксоны											
	Род 40. <i>Craticula</i> Grunow 1867	1	1	1	1								
111	<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) Mann, 1990	1	1										
112	<i>C. halophila</i> (Grunow) D.G.Mann in Round, Crawford et Mann, 1990			1	1								
	Род 41. <i>Stauroneis</i> Ehrenberg, 1842					2	2					1	1
113	<i>Stauroneis acuta</i> W. Smith, 1853					1	1						
114	<i>S. anceps</i> Ehrenberg, 1843					1	1					1	1
	Род 42. <i>Epithemia</i> Brébisson ex. Kützing, 1844	2	5	2	2	1	3					1	2
115	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson, 1838	1	1	1	1								
	<i>E. adnata</i> var. <i>porcellus</i> (Kützing) R.Ross, 1950		1										
	<i>E. adnata</i> var. <i>saxonica</i> (Kützing) R.M.Patrick in Patrick et Reimer, 1975						1						
116	<i>E. argus</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	1	1										
	<i>E. argus</i> var. <i>angustata</i> Tarnavschi, 1940						1						
	<i>E. argus</i> var. <i>longicornis</i> (Ehrenberg) Grunow, 1862		1										
117	<i>E. sorex</i> Kützing, 1844			1	1							1	1
118	<i>E. turgida</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844					1	1						
	<i>E. turgida</i> var. <i>capitata</i> Fricke in A.W.F.Schmidt, 1904		1										
	<i>E. turgida</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenberg) Brun, 1880												1
	Род 43. <i>Rhopalodia</i> Otto Müller, 1895	3	5		2								
119	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Otto Müller, 1895	1	1										
	<i>Rh. gibba</i> var. <i>mongolica</i> (Østrup) Proschkina-Lavrenko, 1950				1								
	<i>Rh. gibba</i> var. <i>ventricosa</i> (Kützing) Mayer, 1913		1										

Таксон		Название источника											
		Джеланды		Авдж		Гарм-Чашма		Сассык-булак		Сист		Баршор	
		В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ
		вт — видовые, ввт — внутривидовые таксоны											
120	<i>Rh. gibberula</i> (Ehrenberg) O. Müller, 1895	1	1										
	<i>Rh. gibberula</i> var. <i>producta</i> (Grunow) Otto Müller, 1900				1								
121	<i>Rh. musculus</i> (Kützing) O. Müller, 1900	1	1										
	<i>Rh. musculus</i> var. <i>mirabilis</i> Fricke in A.W.F.Schimidt, 1905		1										
	Род 44. <i>Iconella Jurij, 1949</i>	1	1	1	1								
122	<i>Iconella helvetica</i> (Brun) Ruck et Nakov in Ruck et al., 2016			1	1								
123	<i>Iconella linearis</i> (W.Smith) Ruck et Nakov in Ruck et al., 2016	1	1										
	Род 45. <i>Surirella Turpin, 1828</i>	2	3	1	1							1	1
124	<i>Surirella angusta</i> Kützing, 1844			1	1							1	1
	<i>S. angusta</i> var. <i>constricta</i> Skvortzov, 1929		1										
125	<i>S. brebissonii</i> Krammer et Lange-Bertalot, 1987	1	1										
126	<i>Surirella minuta</i> Brébisson ex Kützing, 1849	1	1										
	Род 46. <i>Diatoma Bory, 1824</i>	1	3										
127	<i>Diatoma vulgare</i> Bory, 1824	1	1										
	<i>D. vulgare</i> var. <i>brevis</i> Grunow, 1862		1										
	<i>D. vulgare</i> var. <i>linearis</i> Grunow in Van Heurck, 1881		1										
	Род 47. <i>Meridion Agardh, 1824</i>	3	3	1	1			1	1				
128	<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh, 1831	1	1										
129	<i>Meridion constrictum</i> Ralfs, 1843	1	1										
130	<i>M. lineare</i> Williams, 1985	1	1	1	1			1	1				
	Род 48. <i>Tetracyclus Ralfs, 1843</i>	1	1										
131	<i>Tetracyclus rupestris</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck, 1881	1	1										
	Род 49. <i>Amphora Ehrenberg, 1844</i>	1	1	2	2	1	1						
132	<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg, 1841			1	1								
133	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing, 1844	1	1			1	1						

Таксон		Название источника											
		Джеланды		Авдж		Гарм-Чашма		Сассык-булак		Сист		Баршор	
		В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ	В	ВВТ
		вт — видовые, ввт — внутривидовые таксоны											
134	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow in A.Schmidt et al., 1875			1	1								
	Род 50. <i>Aulacoseira</i> Thwaites, 1848	1	1	1	1								
135	<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen, 1979	1	1	1	1								
	Род 51. <i>Ellerbeckia</i> Crawford, 1988			1	1								
136	<i>Ellerbeckia arenaria</i> (Moore ex Ralfs) Crawford, 1988			1	1								
	Род 52. <i>Stephanodiscus</i> Ehrenberg, 1845					1	1					1	1
137	<i>Stephanodiscus astraea</i> (Ehrenberg) Grunow in Cleve et Grunow, 1880					1	1					1	1
	Род 53. <i>Lacustriella</i> Lange-Bertalot, Kulikovskiy et Metzeltin, 2012	1	1										
138	<i>Lacustriella lacustris</i> (W.Gregory) Lange-Bertalot et M.S.Kulikovskiy in Kulikovskiy et al., 2012	1	1										
	Итого: 138 видов (163 с разновидностями и формами)	77	92	43	48	16	18	14	14	9	9	14	17

Как видно из таблицы 2, видовое богатство было распределено по изученным источникам неравномерно. Самая богатая флора была найдена в источнике Джеланды и включала 77 видов (92 с внутривидовыми таксонами). За ним по числу видов следовал источник Авдж с 43 видами, а источники Гарм-Чашма, Сассыкбулак и Баршор содержали относительно равное число видов от 14 до 16. В источнике Сист было найдено всего 9 видов. Такой значительный разброс по числу видов может быть обусловлен значительной разницей, как в минеральном составе воды, так и объеме ее стока, дебет источников весьма варьирует. Однако, общее свойство изучаемых флор источников Памира — это высокое внутривидовое разнообразие, как мы уже отмечали ранее [8].

Систематическая структура флоры. Исследование таксономической структуры флоры — важная часть флористического анализа, позволяющая выявить наиболее диверсифицированные таксоны флористического спектра, показывающие направление развития альгофлоры региона в целом.

Найденные диатомеи подразделяются на три класса: Bacillariophyceae, Coscinodiscophyceae и Mediophyceae (Таблица 3).

Таблица 3. Систематическая структура диатомовых водорослей термальных и минеральных вод Памира

Table 3. Systematic structure of diatom flora of thermal and mineral waters of Pamir

Название таксонов	Число, ед.			% от общего числа ВВТ
	родов	видов	ВВТ*	
Отдел Bacillariophyta	53	138	163	100,00
Класс 1. Bacillariophyceae	49	134	159	97,54
Порядок 1. Bacillariales	2	13	16	9,84
Семейство 1. Bacillariaceae Ehrenberg, 1831	2	13	16	9,84
Порядок 2. Cocconeidales	5	9	10	6,13
Семейство 2. Achnanthidiaceae D.G.Mann in F.E. Round, R.M. Crawford et D.G. Mann, 1990	4	6	6	3,68
Семейство 3. Cocconeidaceae Kützing, 1844	1	3	4	2,45
Порядок 3. Cymbellales	7	31	33	20,25
Семейство 4. Cymbellaceae Kützing, 1844	4	18	19	11,66
Семейство 5. Gomphonemataceae Kützing, 1844	3	13	14	8,58
Порядок 4. Eunotiales	2	3	3	1,84
Семейство 6. Eunotiaceae Kützing, 1844	2	3	3	1,84
Порядок 5. Fragilariales	5	9	9	5,52
Семейство 7. Fragilariaceae Kützing, 1844	4	8	8	4,90
Семейство 8. Staurosiraceae Medlin, 2016	1	1	1	0,61
Порядок 6. Licmophorales	3	3	3	1,84
Семейство 9. Ulnariaceae E.J.Cox, 2015	3	3	3	1,84
Порядок 7. Mastogloiales	3	4	5	3,06
Семейство 10. Achnanthaceae Kützing, 1844	1	1	2	1,22
Семейство 11. Mastogloiaceae Mereschkowsky, 1903	2	3	3	1,84
Порядок 8. Naviculales	14	42	47	28,83
Семейство 12. Amphipleuraceae Grunow, 1862	1	4	4	2,45
Семейство 13. Berkeleyaceae D.G.Mann	1	1	1	0,61
Семейство 14. Brachysiraceae D.G.Mann 1990	1	1	1	0,61
Семейство 15. Cosmioneidaceae D.G.Mann 1990	1	1	1	0,61
Семейство 16. Diadesmidaceae D.G.Mann 1990	1	1	1	0,61
Семейство 17. Diploneidaceae D.G.Mann 1990	1	2	2	1,22
Семейство 18. Naviculaceae Kützing, 1844	3	18	22	13,53
Семейство 19. Neidiaceae Mereschkowsky, 1903	1	2	3	1,84
Семейство 20. Pinnulariaceae D.G.Mann 1990	1	7	7	4,29
Семейство 21. Sellaphoraceae Mereschkowsky, 1902	1	1	1	0,61
Семейство 22. Stauroneidaceae D.G.Mann 1990	2	4	4	2,45
Порядок 9. Rhopalodiales	2	7	17	10,45

Семейство 23. Rhopalodiaceae (Karsten) Topachevs'kyj et Oksiyuk, 1960	2	7	17	10,45
Порядок 10. Surirellales	2	5	6	3,68
Семейство 24. Surirellaceae Kützing, 1844	2	5	6	3,68
Порядок 11. Tabellariales	3	5	7	4,29
Семейство 25. Tabellareaceae Kützing, 1844	3	5	7	4,29
Порядок 12. Thalassiophysales	1	3	3	1,84
Семейство 26. Catenulaceae Mereschkowsky, 1902	1	3	3	1,84
Класс 2. Coscinodiscophyceae	2	2	2	1,22
Порядок 13. Aulacoseirales	1	1	1	0,61
Семейство 27. Aulacoseiraceae R.M.Crawford 1990	1	1	1	0,61
Порядок 14. Melosirales	1	1	1	0,61
Семейство 28. Paraliaceae R.M.Crawford in F.E. Round, R.M. Crawford et D.G. Mann 1990	1	1	1	0,61
Класс 3. Mediophyceae	1	1	1	0,61
Порядок 15. Stephanodiscales	1	1	1	0,61
Семейство 29. Stephanodiscaceae I.V.Makarova in Z.I.Glezer et I.V.Makarova, 1986	1	1	1	0,61
Класс 4. Bacillariophyta classis incertae sedis	1	1	1	0,61
Порядок 16. Bacillariophyta ordo incertae sedis	1	1	1	0,61
Семейство 30. Bacillariophyta familia incertae sedis	1	1	1	0,61

Класс Bacillariophyceae в исследованных источниках по систематическому отношению наиболее многообразен и включает 12 порядков, 26 семейств, 49 родов и 134 видов (159 с разновидностями и формами), что составляет 97,54% от общего числа диатомовых водорослей термальных и минеральных вод Памира.

Наибольшим видовым богатством среди этих порядков выделяются Naviculales — 28,83%, Cymbellales — 20,25%, Rhopalodiales — 10,43% и Bacillariales — 9,82%, объединяющие 113 таксонов из 15 семейств.

Самым богатым оказалось семейство Naviculaceae — 18 видов (22 ввт), за ним следуют Cymbellaceae — 18 (19), Rhopalodiaceae — 7 (17) и Bacillariaceae — 13 (16). По богатству таксонов выделяются роды *Navicula* — 17 видов (18 ввт), *Cymbella* — 14 (15), *Nitzschia* — 11(14), *Pinnularia* — 7 (7), *Epithemia* — 4 (10) и *Gomphonema* — 6 (7).

К часто встречающимся в сообществах термальных и минеральных вод Памира диатомовым относятся *Aulacoseira italica*, *Fragilaria vaucheriae*, *Hannaea arcus*, *Ulnaria oxyrhynchus*, *Diatoma vulgare*, *Brachysira serians*, *Cocconeis placentula*, *Cymbella hustedtii*, *Encyonema pergracile*, *Rhopalodia gibba*, *Nitzschia amphibia* и *Surirella angusta*.

Диатомовые классы Coscinodiscophyceae и Mediophyceae представлены во флоре исследованных водоемов порядками Aulacoseirales, Melosirales и

Stephanodiscales: *Ellerbeckia arenaria*, *Stephanodiscus astraea* и *Aulacoseira italica*.

Сравнительно-флористический анализ. Из шести исследованных источников Памира (Джеланды, Авдж, Гарм-Чашма, Сассыкбулак, Сист и Баршор) термальные источники Джеланды по сравнению с другими по видовому богатству диатомей доминируют. Соответственно, вклад видового богатства этого источника в головную часть флоры изученных шести источников будет наибольшим.

Анализ головной части флористического спектра исследованных минеральных и термальных источников Памира показал, что 10 ведущих родов флористического списка включают 96 видов, представляющих 58% списка. Это роды, имеющие от 18 (*Navicula*) до 3-4 видов (*Diatoma*, *Cocconeis*, соответственно). Ранее мы подбирали методы для анализа головной части альгофлор [9] и выяснили, что 50% таксономического состава могут включать и меньшее число родов. Так, для изученной альгофлоры источников Памира оказалось, что половину видового состава включают всего 8 родов: *Navicula*, *Symbella*, *Nitzschia*, *Epithemia*, *Surirella*, *Rhopalodia*, *Pinnularia*. Это все обитатели дна или перифитона, характерные для неглубоких водоемов с доступностью субстрата для обрастаний.

По сравнению с близкорасположенными флорами диатомовых Южно-Таджикской депрессии [10] и Кавказа [11], диатомовые изученных источников Памира выглядят в целом менее разнообразными. Однако сравнение флор между источниками выявило высокую индивидуальность населения каждого из них. На рисунке 2 показано, что флористические общности формируются вокруг наиболее богатых флор источника Авдж и источника Джеланды. При этом мера включения флор не превышает 16% (Баршор-Гарм-Чашма), что подчеркивает индивидуальность каждой из них.

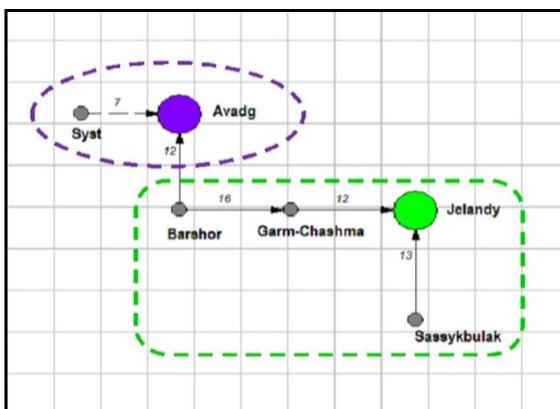


Рис. 2. Дендрограмма сходства флор диатомовых водорослей, рассчитанный в программе ГРАФС на основании таблицы 3 по коэффициентам сходства Серенсена-Чекановского.
Fig. 2. Dendrogram of similarity for diatom communities that constructed on the base of Table 3 by the Serensen-Cheknovsky indices with GRAPHS Program.

Выводы. Таким образом, в результате наших исследований и анализа литературных данных, диатомей термальных и минеральных вод Памира оказались представлены 134 видами, включая внутривидовые таксоны — 166.

Подавляющее большинство из них распространённые виды, обитающие в водоёмах различного типа. Выявлено преобладание шовных форм класса *Bacillariophyceae*, приуроченных к обитанию на субстрате. Всего было отмечено 22 новых для Памира вида, которые нами уже были частично обозначены [12], но есть ещё многие, которые предстоит описать в отдельной работе. Выявлена высокая индивидуальность видового состава флор изученных источников. Полный список, представленный в настоящем исследовании, послужит основой для характеристики обитателей, населяющих особо охраняемые природные территории Памира.

Литература

1. Джумаева Г. Р. Альгофлора основных термальных и минеральных источников Памира. Диссертация на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. Душанбе, 2008. 151 с. // <http://www.dissercat.com/content/algoflora-osnovnykh-termalnykh-i-mineralnykh-istochnikov-pamira>; 04.06.2018.
2. Балонов И. М. Подготовка водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоёмов. – М.: Наука. 1975. С. 87–89.
3. Генкал С. И., Чекрыжева Т. А., Комулайнен С. Ф. Диатомовые водоросли водоёмов и водотоков Карелии. – М.: Научный мир, 2015. 202 с.
4. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып.4. Диатомовые водоросли. М. Сов. Наука, 1951. 619 с.
5. Lange-Bertalot H., Genkal S.I. Diatoms of Siberia. I. *Iconographia Diatomologica*. 1999. Vol. 6. P. Königstein: Koeltz Scientific Books. 303 p.
6. Guiry M.D., Guiry G.M. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, 2017. [http:// www.algaebase.org](http://www.algaebase.org); 24.05.2018.
7. Diatoms of North America. <https://diatoms.org/>; 24.05.2018.
8. Barinova S., Niyatbekov T. P. Algal Diversity of the Pamir High Mountain Mineral Springs in Environmental Variables Gradient // *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 2017. 7(2): 555706. DOI: 10.19080/IJESNR.2017.07.555706.
9. Баринава С.С., Бобоев М.Т. Критический подход к флористическому анализу у пресноводных водорослей на примере флоры Южно-Таджикской депрессии. // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел Биологический*. 2015. 120 (1). С. 40–48.
10. Barinova S., Boboev M., Hisoriev H. Freshwater algal diversity of the South-Tajik Depression in a high mountainous extreme environment. // *Turkish Journal of Botany*. 2015. 39. P. 535–546 and Supplement 1–22.
11. 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. // *Turkish Journal of Botany*. 2011. 35. P. 729–774.
12. Ниятбеков Т.П. Новые комбинации в порядке *Araphales* (*Bacillariophyta*) водоёмов Памира // *Изв. АН РТ. Отд. биол. и мед. наук*. 2015. № 3 (191). С. 14–17. // [http://journals.anrt.tj/obmn_soder.php?ka t=00023477_2015_-_3 \(191\);](http://journals.anrt.tj/obmn_soder.php?ka t=00023477_2015_-_3 (191);) 24.05.2018.

Diatoms (Bacillariophyta) of the Thermal and Mineral Water Sources of Pamir

T. P. Niyatbekov,¹ S. S. Barinova²

¹Institute of Botany, Plant Physiology and Genetics

127 Karamov Str., Dushanbe, 734017, Republic of Tajikistan; e-mail: tohir-73@mail.ru

²Institute of Evolution, University of Haifa, Mount Carmel,

199 Abba Khoushi Ave., Haifa 3498838, Israel, e-mail: sophia@evo.haifa.ac.il

Abstract

The diatoms of the thermal and mineral waters of the Pamir were represented by 138 species, and 163 infraspecific taxa as a result of our research of six mineral and thermal springs and analysis of references data. The vast majority of them are common species that live in different types of water bodies. The prevalence of sutural forms of the class Bacillariophyceae, preferred to habitation on the substrate, was revealed. The predominance of representatives of the families Naviculaceae (18 species), Cymbellaceae (18 species), the genera *Navicula*, *Cymbella*, and *Nitzschia* was revealed in the total composition of diatoms of the studied springs of Pamir. In total, 22 new species were found for the Pamir Mountains. The high individuality of the species composition of the floras of the studied sources is revealed. The complete list presented in this study will serve as a basis for characterizing the inhabitants represented the specially protected natural territories of the Pamir.

Key words: Bacillariophyta, Dzhelandy, Avdzh, Garm-Chashma, Sassykbulak, Sist, Barshor, Republic of Tajikistan.

References

1. Dzhumayeva G. R., 2008, Algoflora of the main thermal and mineral springs of the Pamirs. PhD thesis, 151 p., Institut botaniki, Akademiya nauk Respubliki Tadjikistan, Dushanbe, viewed 4 June 2018 from <http://www.dissercat.com/content/algoflora-osnovnykh-termalnykh-i-mineralnykh-istochnikov-pamira>.
2. Balonov I. M., 1975, Podgotovka vodorosley k elektronnoy mikroskopii [Preparation of algae for electron microscopy], in *Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoyemov* [Methods for studying biogeocenoses in inland water bodies], pp. 87–89, Nauka, Moscow. (in Russ.)
3. Genkal C. I., Chekryzheva T. A., Komulaynen S. F., 2015, *Diatomovyye vodorosli vodoyemov i vodotokov Karelii* [Diatom Algae in Waterbodies and Watercourses of Karelia], 202 p., Nauchnyy mir, Moscow. (in Russ.)
4. *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR. Vyp.4. Diatomovyye vodorosli*, 1951, [The determinant of freshwater algae of the USSR. Issue 4. Diatoms], 619 p., Nauka, Moscow. (in Russ.)
5. Lange-Bertalot H., Genkal S.I., 1999, *Diatoms of Siberia. I. Iconographia Diatomologica*, vol. 6, 303 p., Koeltz Scientific Books, Königstein.
6. Guiry M.D., Guiry G.M., 2017, *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, viewed 24 May 2018 from <http://www.algaebase.org/>.
7. Diatoms of North America, viewed 24 May 2018 from <https://diatoms.org/>.
8. Barinova S., Niyatbekov T. P., 2017, Algal Diversity of the Pamir High Mountain Mineral Springs in Environmental Variables Gradient, *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 7(2), pp. 555706. DOI: 10.19080/IJESNR.2017.07.555706.
9. Barinova S.S., Boboyev M.T., 2015, Kriticheskiy podkhod k floristicheskomu analizu u presnovodnykh vodorosley na primere flory Yuzhno-Tadjikskoy depressii [Critical approach to floral analysis in freshwater algae on the example of the flora of the South Tajik depression], *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Department of Biology*, 120 (1), pp. 40–48. (in Russ.)
10. Barinova S., Boboev M., Hisoriev H., 2015, Freshwater algal diversity of the South-Tajik Depression in a high mountainous extreme environment, *Turkish Journal of Botany*, 39, pp. 535–546 and Supplement 1-22.
11. Barinova S.S., Kukhaleishvili L., Nevo E., Janelidze Z., 2011, Diversity and ecology of algae in the Algeti National Park as a part of the Georgian system of protected areas, *Turkish Journal of Botany*, 35, pp. 729–774.
12. Niyatbekov T. P., 2015, New combinations in the Order of Araphales (Bacillariophyta) of Pamir's waterbodies, *News of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. Department of Biological and Medical Sciences*, 3 (191), pp.14–17, viewed 24 May 2018 from http://journals.anrt.tj/obmn_soder.php?kat=00023477_2015_-_3 (191). (in Russ.)

Приложение. Река Гунт. Республика Таджикистан.

Attachment. Gunt River. Republic of Tajikistan.



Рис. 1 Прил. Долина реки Гунт. **Fig. 1** At. The valley of the Gunt River



Рис. 2 Прил. Гора Хорог и река Гунт. **Fig. 2** At. Khorog Mountain and Gunt River.