

Биоиндикационная оценка вод речки Черной

Bioidication assessment of the waters of the Chernaya River

Джиенбеков А. К.¹, Нурашов С. Б.¹, Саметова Э. С.¹, Джумаханова Г. Б.²

Jiyenbekov A. K.¹, Nurashov S. B.¹, Sametova E. S.¹, Dzhumakhanova G. B.²

¹ Институт ботаники и фитоинтродукции, г. Алматы, Республика Казахстан. E-mail: zh-ai-bek@mail.ru

¹ Institute of Botany and Phyto-introduction, Almaty, Republic of Kazakhstan

² Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан

² Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Реферат. Целью настоящей работы явилось выявление видовых показателей сообществ речки Черной и оценка качества воды биоиндикационными методами. В ходе летних полевых поездок в 2019–2020 гг. на территории Жонгар – Алатауского природного государственного заповедника в рамках программы целевого финансирования № BR05236546 «Реализация государственными ботаническими садами приоритетных для Казахстана научно-практических задач глобальной стратегии сохранения растений как устойчивой системы поддержания биоразнообразия» (руководитель, доктор биологических наук, Г. Т. Ситпаева). В ходе исследования были отобраны водоросли из речки Черной, изучен их видовой состав. Всего обнаружено 94 видов и разновидностей водорослей из четырёх отделов. Проведен анализ индикаторных видов по свойствам воды: температуры, насыщения кислородом, органического загрязнения, солёности, трофического состояния воды и типа питания видов водорослей. Это был первый опыт внедрения биоиндикационного подхода к экологической оценке качества воды этой речки. Наиболее показательные виды диатомовых водорослей сильно преобладали в разных исследованных мест речки. Выявлено, что виды водорослей могут характеризовать состав речки как слабощелочную, слабосолёную, умеренную, среднеокисленную воду с низким органическим загрязнением. Сообщества водорослей представлены преимущественно бентосными и планктонно-бентосным автотрофными видами. Статистический анализ видосредовых связей показал, что большинство видов предпочитают выживать в сообществах со сложной структурой, формирующихся в слабозагрязнённых органически водах.

Ключевые слова. Бентос, биоиндикация, водоросли, планктон, речка Черная, солёность.

Summary. The purpose of the current study was to identify the species indicators of the communities of the Chernaya River and to assess the water quality by bioindication methods. During the summer field trips in 2019–2020 on the territory of the Zhonggar–Alatau Natural State Reserve within the framework of the special purpose funding program № BR05236546 “Implementation by the state botanical gardens of the priority scientific and practical tasks of the global strategy for plant conservation as a sustainable system for maintaining biodiversity” (head, Dr. G. T. Sitpayeva). In the course of the study, algae were sampled from the Chernaya River, and their species composition was studied. A total of 94 species and varieties of algae from four divisions were found. Analysis of indicator types by water properties: temperature, oxygen saturation, organic pollution, salinity, trophic state of water and the type of nutrition of algae species has been revealed. This was the first experience of implementing a bioindication approach to the environmental assessment of the water quality of this river. The most significant types of diatoms strongly predominated in different studied places of the river. It was revealed that the algae species can characterize the composition of the river as slightly alkaline, slightly saline, moderate, medium – acidified water with low organic pollution. Algae communities are mainly represented by benthic and planktonic – benthic autotrophic species. Statistical analysis of species – mediated relationships has shown that most species prefer to survive in communities with complex structures formed in poorly polluted organic waters.

Key words. Algae, benthos, bioindication, Chernaya River, plankton, salinity.

Введение. Проблема мониторинга качества воды – это мировая проблема, чаще всего на водоеме определяются некоторые гидрофизические и гидрохимические параметры, а биотическая часть

водной экосистемы остается слабо изученной или вообще неисследованной. В таких случаях методы биоиндикации имеют особую ценность, так как помогают не только оценить состояние экосистемы водного объекта, но и спрогнозировать ее развитие. Казахстан – значительная территория, расположенная в полусухой климатической зоне, где особенно важно иметь представление о качестве воды в водоемах. В таком случае методы биоиндикации оказались особенно эффективными при изучении озер, водохранилищ и рек на территории Казахстана, подверженных антропогенному загрязнению. Особое внимание можно уделить водотокам расположенных заповедных территориях таких, как речка Черная.

Описание района исследования. Экспедиционные работы проводились в Лепсинском филиале государственного учреждения «Жонгар – Алатауского» Государственного Национального Природного Парка Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан, на речке Черной, которая является левым притоком р. Лепсы, берущих начало из ледников северных склонов Жонгарского Алатау на высоте более 3000 м, Алматинская область, Саркандский район. Речка Черная – небольшая горная река, шириной 7–10 м, глубиной 30–40 см.

Материалы и методы.

Отбор проб. Материалом для исследования послужили результаты обработки 20 проб микрофитобентоса и фитопланктона верхней, средней и нижнего течения речки Черной, собранных в 2019–2020 гг. Пробы фитопланктона отобраны сетью Апштейна с диаметром пор 40 мкм. Микрофитобентос отбирали путем соскабливания с поверхности камней, растений, а также дна. Пробы зафиксированы на месте сразу после отбора 4%м раствором нейтрального формальдегида, а некоторые из них 96 %-м этанолом. Параллельно с отбором проб водорослей измеряли рН, температуру воды и определяли географические координаты точек отбора.

Лабораторные исследования. Собранные пробы транспортировали в специальной сумке – холодильнике в лабораторию, обрабатывали и просматривали под световым микроскопами «Motic BA400», «Micro Optix» и «АУ-12» с цифровой камерой высокого разрешения. Постоянные препараты диатомовых водорослей, изготовленные с помощью перекисного метода (Varinova, 2017), изучены в среде Эльяшева и в канадском бальзаме. Обилие каждого вида в препаратах оценивали по шести-балльной шкале (Баринова и др., 2006). Обнаруженные виды водорослей фотографировали под микроскопом (камеры «Motic BA400»). Видовой состав определяли, пользуясь международными определителями (Анисимова, Гололобова, 2006; Генкал и др. 2013;), а современные названия таксонов унифицировали с помощью Algaebase (Guiry and Guiry, <http://www.algaebase.org>).

Результаты и обсуждение. В результате отобранных проб было определено 94 вида и разновидностей водорослей из 4 отделов, относящихся к 50 родам, 34 семейству, 23 порядкам, 7 классам из отделов: диатомовых (*Bacillariophyta*) – 63 видов; синезеленых (*Cyanobacteria*) – 12 видов; зеленых (*Chlorophyta*) – 11 видов; харофитовых (*Charophyta*) – 8 видов. Ниже представлены экологические свойства индикаторных таксонов водорослей речки Черной (табл. 1) (Джиенбеков и др., 2018).

Таблица 1

Экологические свойства индикаторных таксонов водорослей речки Черной

Виды	Нab	T	Oxy	pH	pH-range	Sal	D	Sap	S	Tro	Aut-Het
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cyanobacteria											
<i>Arthrospira platensis</i> Gomont	P	–	st	–	–	mh	–	b	2,0	–	–
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli	P-B, S	–	aer	alf	–	hl	–	x-b	0,8	–	–
<i>Kamptonema formosum</i> (Bory ex Gomont) Strunecky, Komarek et J. Smarda	P-B, S	–	st	–	–	–	–	a	3,1	me	–

Таблица (продолжение)

Виды	Hab	T	Oxy	pH	pH-range	Sal	D	Sap	S	Tro	Aut-Het
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Merismopedia elegans</i> A. Braun ex Kützing	P-B, Ep	-	-	ind	-	i	-	b-o	1,7	o	-
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	P-B	-	-	-	-	hl	-	b-a	2,4	e	-
<i>Merismopedia tranquilla</i> (Ehrenberg) Trevisan	P-B	-	-	ind	-	i	-	o-a	1,8	me	-
<i>Oscillatoria rupicola</i> (Hansgirg) Hansgirg ex Forti	P-B, S	-	aer	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oscillatoria tenuis</i> C. Agardh ex Gomont	P-B, S	-	st-str	-	-	hl	-	a-o	2,6	me	-
<i>Phormidium ambiguuum</i> Gomont	B, S	eterm	st-str	ind	-	i	-	b	2,3	me	-
<i>Phormidium boryanum</i> (Bory ex Gomont) Anagnostidis et Komárek	P-B, S	warm	st-str	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phormidium irriguum</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis et Komárek	B, Ep	-	aer	-	-	-	-	-	-	me	-
<i>Trichormus variabilis</i> (Kützing ex Bornet et Flahault) Komárek et Anagnostidis	P-B, S	-	st	-	-	mh	-	-	-	-	-
Chlorophyta											
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	P-B	-	st-str	-	-	i	-	b	2,3	-	-
<i>Chlorolobion braunii</i> (Nägeli) Komárek	P-B	-	st	-	-	-	-	o-b	1,5	-	-
<i>Cladophora glomerata</i> (Linnaeus) Kützing	P-B	-	st-str	alf	7,5-8,5	i	-	o-a	1,9	-	-
<i>Desmodesmus communis</i> (E.H.) E.Hegewald	P-B	-	st-str	ind	-	i	-	b	2,15	-	-
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák	P-B	-	st-str	-	-	i	-	b	2,1	-	-
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	P-B	-	st-str	-	-	i	-	b	2,2	-	-
<i>Monoraphidium obtusum</i> (Korshikov) Komárková-Legnerová	P-B	-	st-str	-	-	i	-	o-b	1,5	-	-
<i>Oedogonium crispum</i> Wittrock ex Hirn	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetradesmus obliquus</i> (Turpin) M. J. Wynne	-	-	-	-	-	-	-	b	2,2	-	-
<i>Treubaria crassispina</i> G. M. Smith	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ulothrix zonata</i> (F. Weber et Mohr) Kützing	P-B	-	st-str	ind	-	i	-	o-a	1,8	-	-
Charophyta											
<i>Closterium acerosum</i> Ehrenberg ex Ralfs	P-B	-	st-str	ind	-	i	-	a-o	2,6	e	-

Таблица (продолжение)

Виды	Hab	T	Oxy	pH	pH-range	Sal	D	Sap	S	Tro	Aut-Het
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs	P-B	-	st-str	ind	-	i	-	b	2,1	me	-
<i>Closterium peracerosum</i> F. Gay	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cosmarium speciosum</i> P. Lundell	B	-	aer	ind	-	-	-	-	-	m	-
<i>Cosmarium subprotumidum</i> var. <i>septentrionale</i> (Croasdale) Coesel	-	-	-	alf	-	-	-	-	-	m	-
<i>Mougeotia scalaris</i> Hassall	B	-	-	-	-	i	-	o-b	1,5	-	-
<i>Spirogyra communis</i> (Hassall) Kützing	B	-	st	-	-	-	-	b	2,0	-	-
<i>Zygnema vaginatum</i> Klebs	B	-	-	-	-	-	-	o	1,0	-	-
Bacillariophyta											
<i>Achnantheidium lineare</i> W.Smith	P-B	-	-	ind	7,6	i	es	o-b	1,5	me	-
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	B	temp	st-str	alf	6,2-9,0	i	sx	o-b	1,5	me	ate
<i>Caloneis convergens</i> Jasnitsky	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	B	-	st-str	alf	-	i	sx	o-a	1,8	me	ate
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	P-B	temp	st-str	alf	5,5-9,0	i	es	o	1,35	me	ate
<i>Craticula ambigua</i> (Ehrenberg) D. G. Mann	B	warm	st	alf	5,5-6,0	i	es	b	2,3	me	-
<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) D.G. Mann	B	temp	st-str	alf	6,3-9,0	i	es	b-a	2,45	me	-
<i>Cymbella lanceolata</i> (Agardh) Agardh	B	-	str	alf	-	i	sx	o-b	1,5	me	ats
<i>Cymbella parva</i> (W. Smith) Kirchner	B	-	-	ind	-	I	-	b	2,0	o-m	-
<i>Cymbella stuxbergii</i> (Cleve) Cleve	B	-	-	neu	-	i	-	o	1,0	ot	-
<i>Cymbella tartuensis</i> Molder	B	-	-	ind	-	i	-	-	-	-	-
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) van Heurck	B	temp	str	alf	6,8-9	i	sx	b	2,2	me	ats
<i>Cymbella ventricosa</i> Kützing, nom. illeg.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	P-B	-	st-str	ind	6,2-7,5	i	sx	b	2,2	me	ate
<i>Ellerbeckia arenaria</i> (D.Moore ex Ralfs) Dorofeyuk et Kulikovskiy	P-B	cool	st-str	alf	-	i	-	o-x	0,6	ot	ats
<i>Encyonema elginense</i> (Krammer) D. G. Mann	B	temp	st	acf	5,5-9,0	hb	sx	o-b	1,5	-	-
<i>Encyonema leibleinii</i> (C.Agardh) W. J. Silva, R. Jahn, T. A. V. Ludwig, et M. Menezes	B	-	-	ind	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	P-B	-	-	ind	7,7	i	es	b-o	1,6	m	-
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>lanceolata</i> Grunow	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица (продолжение)

Виды	Hab	T	Oxy	pH	pH-range	Sal	D	Sap	S	Tro	Aut-Het
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	P-B, Ep	–	st-str	alf	7,4–7,8	i	sx	o-a	1,95	e	ate
<i>Fragilaria construens</i> var. <i>rhomboidalis</i> Mayer	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Gomphonella olivacea</i> (Hornemann) Rabenhorst	B	–	st-str	alf	7,5–8,0	i	es	o-b	1,45	e	ate
<i>Gomphonema grunowii</i> R. M. Patrick et Reimer	B	temp	–	alf	4,8–9	i	–	b	2,0	–	–
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	B	cool	st-str	alf	–	i	es	o-a	1,95	me	ate
<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) R. M. Patrick	B	temp	str	alf	5,5–7,5	i	es	x	0,3	o-m	ats
<i>Hippodonta hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski	B	–	st-str	alf	–	hl	es	b	2,3	me	ate
<i>Iconella tenera</i> (W. Gregory) Ruck et Nakov	P-B	–	st	alf	–	i	es	o	1,1	ot	–
<i>Mastogloia braunii</i> Grunow	P-B	–	–	alf	–	mh	–	–	–	–	–
<i>Mastogloia smithii</i> Thwaites ex W.Smith	B	–	–	alf	–	mh	sx	o	1,3	me	–
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	P-B	temp	st-str	ind	5–9	hl	es	b	2,1	me	hne
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	P-B	temp	st-str	ind	–	i	es	b	2,1	o-e	ate
<i>Navicula digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs	B	–	–	alf	–	I	es	b	2,0	me	–
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	B	–	–	–	–	i	–	–	–	–	–
<i>Navicula oblongata</i> Kützing	B	–	st-str	alf	–	i	sx	o-b	1,5	o-m	ate
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	B	temp	st-str	ind	5–9	i	es	o	1,3	me	ate
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	B	–	–	alf	6,5–9	hl	–	o-a	1,95	o-m	ate
<i>Navicula rhynchocephala</i> var. <i>elongata</i> Grunow	B	–	–	–	–	–	–	o	1,3	–	–
<i>Navicula tripunctata</i> (O. F. Müller) Bory	P-B	–	st-str	ind	–	i	es	b-o	1,7	e	ate
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	B	–	st-str	alf	–	hl	es	B	2,2	me	ate
<i>Neidiomorpha binodis</i> (Ehrenberg) M.Cantonati, Lange-Bertalot et N.Angeli	B	–	str	alf	–	i	–	O	1,0	me	ate
<i>Neidium affine</i> var. <i>amphirhynchus</i> (Ehrenberg) Cleve	B	–	–	alb	5–9	hb	–	o-x	0,7	–	–

Таблица (окончание)

Виды	Hab	T	Oxy	pH	pH-range	Sal	D	Sap	S	Tro	Aut-Het
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	P-B	temp	–	alf	7,85–8,15	i	es	a-o	2,7	e	hce
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	P-B	temp	–	ind	7–9	i	sp	a-o	2,8	he	hce
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith	P-B	–	st-str	alf	6,2–8,8	i	–	b-a	2,5	e	ate
<i>Odontidium anceps</i> (Ehrenberg) Ralfs	P-B	cool	st-str	neu	–	hb	sx	o-x	0,6	ot	–
<i>Odontidium hyemale</i> (Roth) Kützing	P-B	cool	st-str	ind	6,5–7,5	hb	sx	x	0,3	ot	ats
<i>Odontidium mesodon</i> (Kützing) Kützing	P-B	cool	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Pauliella taeniata</i> (Grunow) F. E. Round et P. W. Basson	B	–	–	alf	–	mh	–	b	2,0	–	–
<i>Pinnularia intermedia</i> (Lagerstedt) Cleve	P-B	cool	st	ind	–	i	–	o	1,0	o-m	–
<i>Pinnularia interrupta</i> W. Smith	B	–	–	ind	–	i	–	–	–	–	–
<i>Pinnularia nodosa</i> (Ehrenberg) W. Smith	B	–	str	ind	–	i	–	x-o	0,5	ot	ats
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	P-B	temp	st-str	ind	7,1	i	es	x	0,3	o-e	ate
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	P-B	warm	st-str	alf	7,5–8,1	i	sx	b-o	1,6	e	ate
<i>Stauroneis smithii</i> Grunow	P-B	–	st-str	alf	–	i	–	o-b	1,5	o-e	ate
<i>Surirella angusta</i> Kützing	P-B	–	st-str	alf	–	i	es	b-o	1,7	e	ate
<i>Surirella brebissonii</i> Krammer et Lange-Bertalot	B	–	st-str	alf	–	i	–	b-o	1,7	–	–
<i>Surirella librile</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	B	–	st-str	alf	8–0	i	–	b	2,1	e	ate
<i>Surirella minuta</i> Brébisson	B	–	st-str	ind	–	i	es	o-a	1,8	me	–
<i>Synedra goulardii</i> Brébisson ex Cleve et Grunow	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Synedra goulardii</i> var. <i>telezkoensis</i> Poretzky ex Proshkina-Lavrenko	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) Frenguelli	P-B	–	–	alf	–	mh	sp	a-o	2,9	e	ate
<i>Tryblionella levidensis</i> W. Smith	P-B	–	st-str	ind	–	mh	sp	a-o	2,6	e	ate
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère	P-B	temp	st-str	ind	5,0–9,2	i	es	b	2,25	o-e	ate
Итого – 94 видов											

Примечания: Аббревиатура экологических групп показателей:

Местообитаний: *P* – планктонные, *P-B* – планктонно-бентосные, *B* – бентосные; *S* – почвенные.

Температуры воды: *warm* – тепловодные обитатели; *cool* – холодноводные обитатели; *temp* – умеренная температура воды обитатели или индифферентные; *eterm* – эвритермные.

Показатели оксигенации: *aer*-аэрофилы; *st* – стоячая вода, *str* – струящаяся вода, *st-str* – низкая струящаяся вода.

Соленость: *hb* – олигогалобы-галофобы; *i*-олигогалобы-индифференты, *mh* – мезогалобы, *hl* – галофилы.

Показатели степени кислотности (рН): *alb* – алкалибионты; *alf* – алкалофилы, *ind* – индифференты; *acf* – ацидофилы.

Показатели органического загрязнения (Watanabe et al., 1986): *sx* – сапроксены; *es* – эврисапробы; *sp* – сапрофилы.

Показатели метаболизма поглощения азота: *ats* – азот-автотрофные таксоны (переносимость очень малых концентраций органически связанного азота); *ate* – азот-автотрофные таксоны (переносимость повышенных концентраций органически связанного азота); *hne* – факультативно азот-гетеротрофные таксоны; *hse* – облигатно азот-гетеротрофные таксоны.

Показатели трофического состояния: *ot* – олиготрафы; *o-m* – олиго-мезотрафы; *m* – мезотрафы; *me* – мезо-эвтрофы; *e* – эвтрофы; *o-e* – олиго - до эвтрофы (гиперэвтрофы).

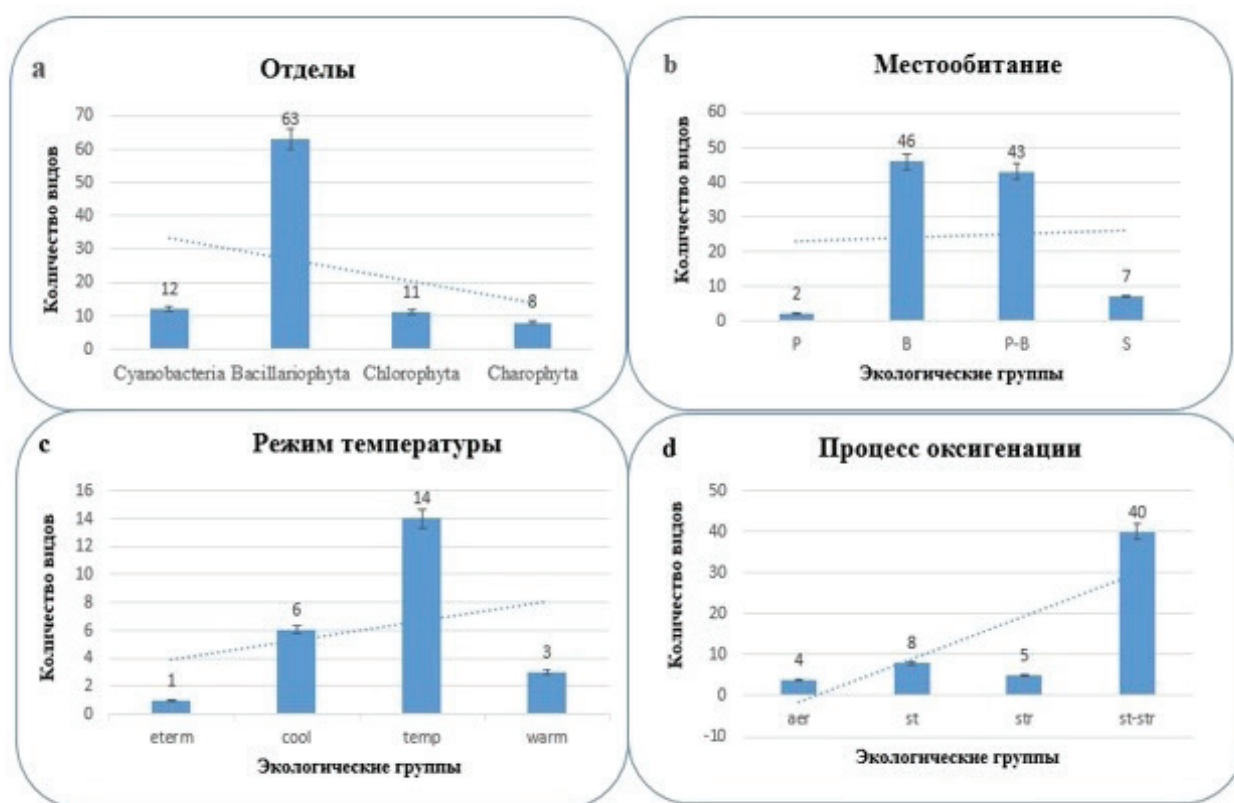


Рис. 1. Распределение таксономических и биоиндикационных групп водорослей по субстратным предпочтениям, температуре воды и насыщению кислородом в Черной реке в 2019–2020 гг. Аббревиатура: **а, Распределение видов по таксономическим подразделениям.** **б, Среды обитания:** *P* – планктонный, *P-B* – планктонно-бентосный, *B* – бентосный, *S* – почва. **в, Температуры воды:** *warm* – обитатели теплой воды; *cool* – обитатели прохладной воды; *temp* – умеренная температура воды; *eterm* – эвритермные. **д, Показатели оксигенации:** *st* – стоячая вода, *str* – струящаяся вода, *st-str* – низкая струящаяся вода.

На рис. 1а показано распределение видов водорослей по таксономическим подразделениям. На графике видно, что из четырех отделов только сообщества Bacillariophyta сильно преобладает в сообществах речке. Водоросли из списка индикаторов предпочитают бентосный и планктонно-бентосный период жизни, но также было обнаружено немного жителей планктона (рис. 2б). В показателях температуры воды доминировали виды с умеренной температурой, но также было обнаружено значи-

тельное количество показателей теплой воды (рис. 2с). Показатели насыщения воды кислородом показывают среднюю оксигенацию с показателями «низкие потоки воды» (рис. 2d) (Нурашов и др., 2014, 2017).

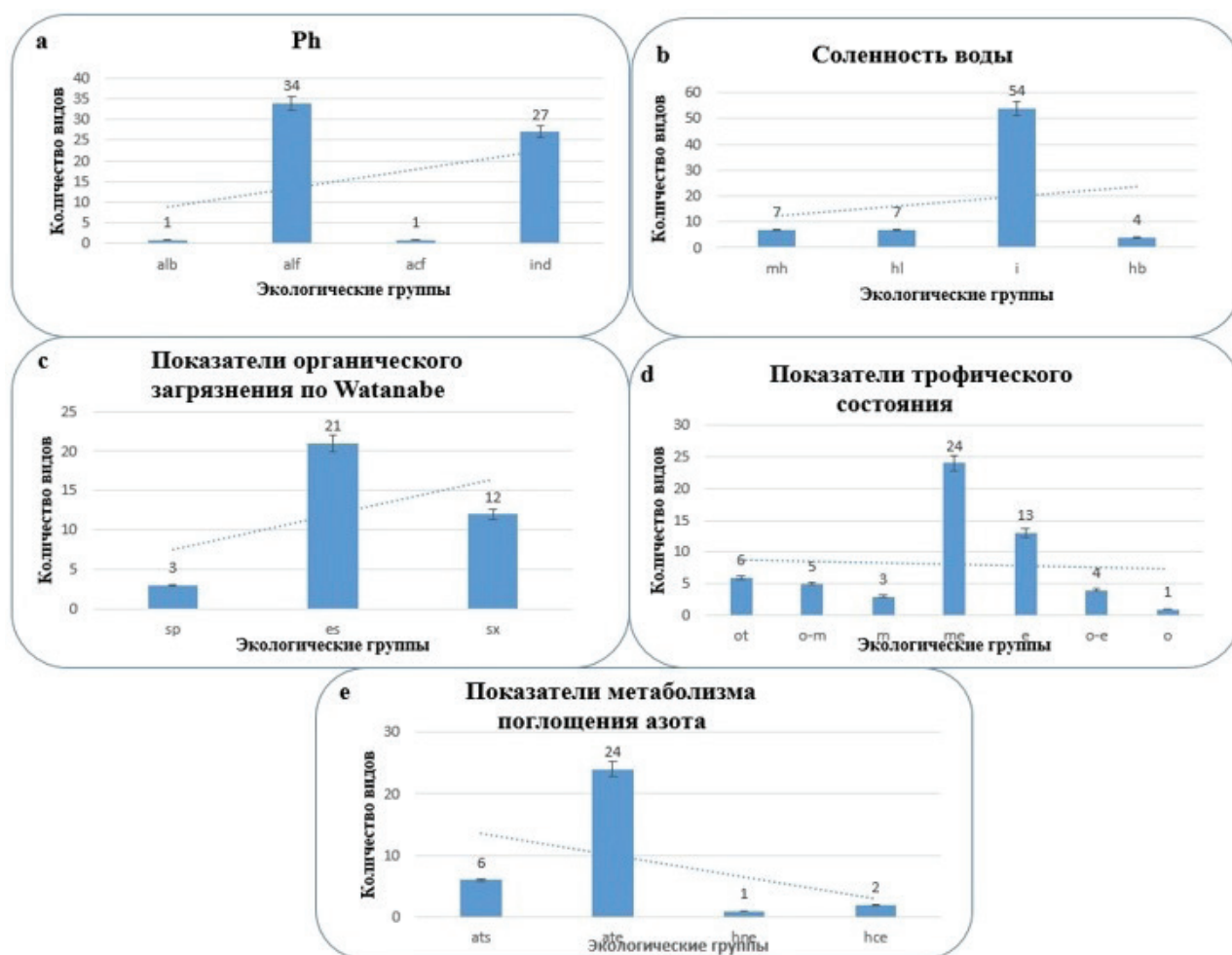


Рис. 2. Распределение групп биоиндикации водорослей по pH воды, солености, органическому загрязнению по Watanabe, показатели трофического состояния и показатели метаболизма поглощения азота в Черной реке 2019–2020 гг. Аббревиатура: **а, Показатели степени кислотности (pH):** *alb* – алкалибионты; *alf* – алкалифилы, *ind* – индифферентные; *acf* – ацидофилы. **б, соленость:** *hb* – олигогалоген-галофобы, *i* – олигогалоген-индифферент, *mh* – мезогалогены, *hl* – галофилы. **в, Показатели органического загрязнения по Watanabe:** *sx* – сапроксен; *es* – еuryсароб; *sp* – сапрофил. **д, показатели трофического состояния:** *ot* – олиготрофы; *o-m* – олиго-мезотрофы; *m* – мезотрофы; *me* – мезо-эвтрофы; *e* – эвтрофы; *o-e* – гиперэвтрофы. **е, показатели метаболизма поглощения азота:** *ats* – азот-автотрофные таксоны, переносящие очень небольшие концентрации органически связанного азота; *ate* – азотно-автотрофные таксоны, переносящие повышенные концентрации органически связанного азота; *hnc* – факультативно азот-гетеротрофные таксоны, нуждающиеся в периодически повышенных концентрациях органически связанного азота; *hce* – азот-гетеротрофные таксоны, нуждающиеся в постоянно повышенных концентрациях органически связанного азота.

Показатели pH воды отражают слабощелочную воду в Черной реке с преобладанием алкалифильных и индифферентных экологических групп (рис. 2а). В показателях солености преобладает группа индифферентных, которая отражает малосоленые воды в исследуемом объекте (рис. 2б). Очень важно оценить нагрузку органического загрязнения в реке Черной. Итак, мы реализовали две индикаторные системы для этого анализа. Все индикаторы Watanabe – это только диатомовые водоросли, и в изученном сообществе реке они сильно преобладают. На рис. 2с показано распределение индикаторных систем для этого анализа.

торных видов по Watanabe, которые помогают нам оценить воды реки как низко органически загрязненные с преобладанием эврисапробов, индикаторов среднего загрязнения воды и сапроксенов, которые указывают на чистую незагрязненную воду. Обе эти группы отрезаны линией тренда. Трофическое состояние Черной реки оценивали по видовым показателям как мезо-эвтрофы (рис. 2d). В этом случае мы реализовали построение полиномиальной линии тренда, и оно выявило два основных трофических состояния воды реки: мезо-эвтрофные и эвтрофные с двумя пиками. Это может быть результатом некоторого загрязнения от точечных источников, которые не были разбросаны по всему водотоку. Тип питания видов водорослей в Черной реке (рис. 2 e) сильно автотрофен. Это хороший вывод для сообществ водорослей в реке природного заповедника (Саметова и др., 2019; Jiyeubekov et al., 2019).

Мы впервые провели экологическую оценку качества воды методами биоиндикации в реке Черной. Биоиндикацию 10 свойств воды в озере осуществляли с учетом видоспецифических предпочтений 94 индикаторных видов пяти таксономических отделов водорослей, собранных в летний сезон. В 20 точке отбора проб вдоль берега водотока. Этот подход помогает нам выявить источники загрязнения, а также критические переменные показатели, которые влияли на качество воды. Распространенность диатомовых видов позволила нам внедрить несколько систем биоиндикации для заключения – результата о свойствах воды. В индикаторных группах преобладали обитатели бентосных, умеренных вод, которые предпочитали средне – насыщенную кислородом и слабощелочную воду, а показатели солености воды показывают низкую концентрацию хлоридов. По показателям Watanabe, уровень загрязнения воды Черной реки низкий, выявлено с помощью эврисапробных видов. Трофическое состояние этого водотока оценивали по видовым показателям как мезо-эвтрофы. Тип питания видов водорослей в Черной реке сильно автотрофен. Это хороший показатель для сообществ водорослей в реке природного заповедника.

Таким образом, биоиндикационная оценка охраняемого водотока отражает текущее состояние его водных свойств и структуры сообщества, которые могут быть использованы в качестве эталонов для будущего мониторинга природного заповедника реки Черной.

Благодарности. Выражаем благодарность коллективу Института ботаники и фитоинтродукции и руководителю программы, д. б. н. Гульнаре Токбергеновне Ситпаевой в поддержке молодых специалистов, магистров, докторантов.

ЛИТЕРАТУРА

- Анисимова О. В., Гололобова М. А.* Краткий определитель родов водорослей. – М.: Учебное пособие, 2006. – С. 80–83.
- Генкал С. И., Куликовский М. С., Михеева Т. М., Кузнецова И. В., Лукьянова Е. В.* Диатомовые водоросли планктона реки Свислочь и ее водохранилищ. – М.: Научный мир, 2013. – С. 75–81.
- Джиенбеков А. К., Баринаева С. С., Бигалиев А. Б., Нурашов С. Б., Саметова Э. С.* Первые сведения о водорослях заповедного озера Алаколь (Казахстан) и их флористический анализ. // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Биол., 2018. – Т. 123. – Вып. 6. – С. 48–52.
- Нурашов С. Б., Саметова Э. С., Джиенбеков А. К.* Флора водорослей реки Шар и Кокпекты // Современные тенденции в изучении флоры Казахстана и ее охрана (Байтеновские чтения – 3): Материалы Междунар. научн. конф. – Алматы, 2014. – С. 200–201.
- Нурашов С. Б., Саметова Э. С., Джиенбеков А. К.* Флора водорослей реки Какпатас // Международная научная конференция, посвященная 85-летию Института ботаники и фитоинтродукции КН МОН РК (17–19 августа 2017 г., г. Алматы). – Алматы, 2017. – С. 205–207.
- Саметова Э. С., Нурашов С. Б., Джиенбеков А. К.* Альгофлора рек пустынных низкогорий юго-востока Казахстана // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии, 2019. – Т. 18. – С. 390–391. DOI: 10.14258/pbssm.2019079
- Guiry M. D., Guiry G. M.* AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org> (searched on 11 June 2018).
- Jiyeubekov A., Barinova S., Bigaliev A., Nurashov S., Sametova E., Fahima T.* Ecological diversity of algae in the Alakol Lake Natural Reserve, Kazakhstan // Botanica Pacifica, 2019. – №8(2). – P. 51–66. DOI: 10.17581/bp.2019.08201