

Характеристика водорослей озера Азас (Республика Тыва, Россия)

Ю. В. НАУМЕНКО^{1*}, Ч. Д. НАЗЫН²

¹Центральный сибирский ботанический сад СО РАН
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101
E-mail: Naumenko-y55@yandex.ru

²Тувинский государственный университет
667000, Кызыл, ул. Ленина, 36
E-mail: nazynch@mail.ru

Статья поступила 18.01.2024

После доработки 24.02.2024

Принята к печати 26.02.2024

АННОТАЦИЯ

Приводятся впервые сведения о водорослях озера Азас, часть акватории которого относится к государственному природному заповеднику “Азас”. Выявлен 171 видовой и внутривидовой таксон, который относится к 72 родам, 50 семействам и 8 отделам. Установлено, что основу альгофлоры составляют диатомовые и синезеленые водоросли. Выявлено 14 доминантов, из которых девять относятся к отделу Bacillariophyta. Выполнен эколого-географический анализ водорослей заповедной части озера. Установлено, что альгофлора водного объекта представлена бентосными видами с преобладанием индифферентных форм по отношению к галобности и активной реакции среды. Во всех исследуемых биотопах выявлено 123 вида – показателей сапробности вод. Отмечено преобладание бетамезосапробионтов и олигосапробионтов. В географическом отношении господствовали космополиты и бореальные виды.

Ключевые слова: водоросли, таксономический состав, Cyanoprokaryota, Bacillariophyta, озеро Азас, Республика Тыва.

ВВЕДЕНИЕ

Государственный природный заповедник “Азас” расположен в центральной части Тоджинской котловины на северо-востоке Республики Тыва.

Климат резко-континентальный, умеренно влажный, отмечается большое колебание годовых и суточных температур. Микрорельеф сильно пересеченный – много озерных впадин, мелких русел ручьев, рек. Вся гидрологическая сеть Тоджинской впадины относится

к бассейну р. Большой Енисей (Бий-Хем). На территории заповедника насчитывается большое количество озер, одно из самых больших – Азас, или Тоджа, входит в заповедник частично, около 30 % акватории. Альгоценозы озер и водотоков, формирующиеся в заповедных условиях, являются эталонными. Альгологические сведения об озерах Тоджинской котловины Тывы отсутствуют. Цель данной работы – выявить таксономическую и экологическую структуру водорослевых

сообществ в оз. Азас, относящемся к охраняемой территории одноименного заповедника.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Альгологический материал собирали в летний период в первой декаде июля 2023 г. Одновременно измеряли прозрачность, pH, температуру воды. Озеро площадью 51,6 км², неправильной формы, вытянуто на северо-восток. Длина около 20 км, ширина 5–7 км, максимальные глубины до 30 м, средняя 15–20 м. Около 30 % акватории северо-восточной части водоема расположено на территории одноименного заповедника. Береговая линия изрезана, присутствует множество мелководных заливов. Проанализирована 31 проба фитопланктона, перифитона и бентоса. Химический анализ воды выполнен в Тувинском государственном университете в лаборатории физико-химических методов исследования по данным 2019 г. Пробы фиксировали 4%-м раствором формалина и обрабатывали по общепринятым методам в альгологии [Водоросли, 1989]. Водоросли изучали с помощью светового микроскопа Amplival Carl Zeiss Jena. В работе принята система диатомовых водорослей, приведенная в “Определителе диатомовых водорослей России” [Куликовский и др., 2016].

Номенклатурные комбинации ряда видов соответствуют приводимым в электронной базе данным (AlgaeBase. URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 24.09.2023)). Для оценки роли отдельных таксонов вычисляли частоту встречаемости (pF) [Кожова, 1970; Комулайнен, 2018].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Озеро Азас имеет следующий ионный состав воды (мг/л): Ca²⁺ – 13,94, Mg²⁺ – 4,57, HCO₃[–] – 55,21, SO₄^{2–} – 55,21, Cl[–] – 21,77. Общая минерализация составляет 150,70 мг/л. Ионно-солевой состав вод магниево-кальциево-гидрокарбонатный при низком содержании железа (Fe_{общ} – 0,18).

Водоросли оз. Азас в настоящее время представлены 171 видом, относящимся к 72 родам и 50 семействам из 8 отделов. По числу видовых и внутривидовых таксонов преобладают диатомовые – 59,6 %, им уступают синезеленые – 12,2 %, разнообразно представлены харофитовые – 9,4 %, зеленые – 8,48 %. Бе-

ден состав золотистых, эвгленовых, желто-зеленых и динофитовых водорослей, которые в сумме дают 10,2 % состава.

Отдел диатомовых водорослей представлен тремя классами: Coscinidiscaceae, Fragilariophyceae, Bacillariophyceae, которые содержат соответственно 5, 7 и 98 видовых и внутривидовых таксонов. Из первого класса обнаружены *Stephanodiscus hantzschii* Grun. и *Cyclotella meneghiniana* Kütz., относящиеся к семейству Stephanodiscaceae, и *Acanthoceras zachariasii* (Brun) Simonsen из семейства Acanthocerataceae, семейство Aulacosieraceae представлено *Aulacoseira italica* (Ehr.) Simonsen. Из семейства Melosiraceae выявлено два вида.

Класс Fragilariophyceae представлен девятью родами, из которых по три вида содержали *Ulnaria* и *Fragilaria*. Наиболее разнообразен класс Bacillariophyceae, насчитывающий 18 семейств и 32 рода. Диатомеи господствуют как по таксономическому разнообразию, так и по численности.

На втором месте по разнообразию в альгофлоре озера – синезеленые водоросли *Cyanoprokaryota*, 21 вид. Принадлежат они к одному классу Cyanophyceae 8 семействам и 13 родам. По числу видов (4) выделяется род *Dolichospermum*: *Dolichospermum flos-aquae* (Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann & Komárek, *D. circinale* (Rabenh. ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek, *D. lemmermannii* (Richter) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek, *D. scheremetieviae* (Elenkin) Wacklin, L. Hoffmann & Komárek. Из других представителей отдела наиболее часто встречались *Oscillatoria limosa* Ag. и *Rivularia planctonica* Elenk.

Третье место с одним классом Zygnemataphyceae занимают харофитовые водоросли *Charophyta* (16 видов). Отдел представлен двумя семействами и четырьмя родами. Наиболее многочисленными были роды *Cosmarium* (12 видов) и *Closterium* (2 вида).

Среди зеленых водорослей *Chlorophyta* (15) выделяется класс Chlorophyceae, который содержит шесть семейств и 11 родов. По два вида содержали роды *Pseudopediastrum*, *Scenedesmus* и *Bulbochaete*. Класс Ulvophyceae представлен одним видом *Ulothrix tenerima* (Kützing) Kützing.

Отдел Xanthophyta содержит семь видов, относящихся к двум классам, четырём семей-

ствам и четырем родам. Род *Tribonema* содержал три вида.

Золотистые водоросли Chrysophyta, определенные в водоеме, представлены двумя родами и пятью видами, из которых род *Dinobryon* содержал четыре вида.

Из отдела Dinophyta выявлено три таксона: *Unruhdinium penardii* (Lemm.) Gottschling, *Ceratium hirundinella* (O. F. Müll.) Bergh и *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans, относящихся к двум семействам и двум родам.

Эвгленовые водоросли Euglenophyta, обнаруженные в озере, относятся к роду *Trachelomonas*: *Trachelomonas planctonica* Swir. и *T. volvocina* Ehr.

Общее число семейств, обнаруженных в озере, равно 50. Наиболее крупные десять семейств принадлежат отделам диатомовых, синезеленых, харофитовых и золотистых: Desmidiaceae (14 видов), Gomphonemataceae и Naviculaceae (по 12), Fragilariaceae (11), Cymbellaceae и Rhopalodiaceae (по 9), Surirellaceae (8), Eunotiaceae (6) и Dinobryaceae (5 видов).

Данные семейства включают 92 таксона, что составляет 53,8 % от всего состава. Семейства, занимающие ведущее положение в альгофлоре региона, играют важную роль и в структуре альгоценозов. На остальные 40 семейств приходится 79 таксонов (46,2 %). Пятнадцать семейств представлены двумя видами, к одновидовым относится также 15 семейств.

В оз. Азас выявлено всего 72 рода. Двенадцать ведущих родов озера включают 38,0 % всех видов. Двадцать один род в озере является двувидовым, 44 рода – одновидовыми.

Распределение видов по группам активности (значения относительной встречаемости видов) показало следующую картину. Выделены четыре группы – особо активные (с частотой встречаемости свыше 75 %), высокоактивные (74–45 %), малоактивные (44–15 %) и неактивные (меньше 15 %). Особо активными оказались шесть видов: *Dinobryon divergens*, *Aulacoseira italica*, *Dolichospermum flos-aquae*, *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Asterionella formosa* Hass., *Ceratium hirundinella*. Они составляют 3,5 % и представлены диатомовыми, золотистыми, динофитовыми и синезелеными водорослями.

К высокоактивным отнесены девять таксонов: *Rhopalodia gibba* (Ehr.) O. Müll., *Melosira*

varians Ag., *Dolichospermum scheremetieviae*, *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz., *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère, *Encyonema ventricosum* (C. Ag.) Grun., *Cocconeis placentula* Ehr., *C. euglypta* Ehr., *Epithemia argus* (Ehr.) Kütz. Эти 9 видов составляют 5,3 % от всего состава. В группу малоактивных вошли 16 таксонов, остальные относятся к неактивным видам.

В период исследования всего выявлено 14 доминантов по численности: из отдела диатомовых – *Aulacoseira italica*, *Asterionella formosa*, *Melosira varians*, *Fragilaria capucina* Desm., *Tabellaria fenestrata*, *Rhopalodia gibba*, *Encyonema ventricosum*, *Epithemia argus*, *Fragilaria crotonensis*, из синезеленых – *Dolichospermum flos-aquae*, *D. scheremetieviae*, *Rivularia planctonica*, из золотистых – *Dinobryon divergens* Imh., *D. stipitatum* Stein.

Фитопланктон в озере в июльских пробах представлен диатомовыми, синезелеными и золотистыми водорослями. Всего в планктоне обнаружено 37 видов, в планктонных пробах число таксонов изменялось от 12 до 15. На створе, расположенном в 800 м от устья р. Азас, фитопланктон представлен следующим образом: в районе северного берега и центральной части озера доминантами являлись *Dinobryon divergens*, *Aulacoseira italica*, *Dolichospermum flos-aquae*, в районе южного берега *Dolichospermum flos-aquae* занимал первое место, ему уступали *Dinobryon divergens* и *Asterionella formosa*.

У северного берега на втором створе, находящемся в двух-трех километрах от первого, доминанты оставались те же, что и в первом случае. На середине озера господствовали *Dinobryon divergens*, *Dolichospermum flos-aquae* и *Dinobryon stipitatum*, последний вид вытеснил *Aulacoseira italica*. В районе южного берега, где температура была на один градус выше, чем в других точках отбора проб, преобладал *Dolichospermum flos-aquae*, уступали ему *Dinobryon divergens* и *D. stipitatum*. В этой части озера резко возросла численность *Dolichospermum scheremetieviae* и *D. lemmermannii*. Большинство диатомей, отмеченных в планктоне, является представителями донных группировок и перифитона: *Tabellaria fenestrata*, *Stauroneis phoenicenteron* (Nitzsch) Ehr., *Navicula radiosa* и др. На всех точках отбора проб фитопланктона отмечали *Ceratium*

hirundinella, а в южной части озера зафиксировали вегетацию *Ceratium furcoides*.

Наиболее разнообразны водоросли обрастаний (135 видов), их число в пробах варьировало от 12 до 45 видов. Доминировали в данных группировках также практически одни диатомеи. В обрастаниях тростника в районе базы заповедника на северном побережье озера отмечено максимальное число видов – 45. Господствовали *Melosira varians*, *Fragilaria capucina*, *Tabellaria fenestrata*. Наиболее часто здесь встречались *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz., *Rhopalodia gibba*, *Epithemia argus*, *Navicula reinhardtii* (Grun.) Cl., *Neidium iridis* (Ehr.) Cleve. Десмидиевые представлены здесь *Cosmarium reniforme* (Ralfs) W. Archer, *C. abbreviatum* Raciborski. Из зеленых впервые отмечены *Bulbochaete mirabilis* Wittrock ex Hirn и *B. varians* Wittrock ex Hirn. На изучаемом берегу в районе кордона на зарослях рдеста отмечены скопления *Zygnema* sp. ster., на ее нитях выявлен вид *Epiplatys utriculus* (Ehr.) Ehr. Доминанты здесь те же, что и в районе базы.

В районе устья р. Ильгичу в налете на древесине коричневого цвета выявлено 24 вида водорослей. Преобладали *Rhopalodia gibba*, *Epithemia argus*, *Meridion circulare* Ag. Часто здесь отмечали *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schmidt, *Stauroneis anceps* Ehr. Из других – *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli и др.

На юго-восточном берегу на листьях молодой кубышки обнаружено наименьшее число видов – 12, выделялись *Cocconeis placentula*, *C. euglypta*, *Frustulia rhomboides* (Ehr.) D. T., единичны *Ulnaria ulna*, *Dolichospermum circinale* и *Navicula radiosa*.

В обрастаниях прошлогоднего рдеста на южном берегу озера выявлены скопления *Spirogyra* sp. ster., облепленные *Melosira varians*, *Ulnaria ulna*, *Rhopalodia gibba* var. *ventricosa* (Kützing) H. Peragallo & M. Peragallo, здесь найдены *Cylindrospermum stagnale* Bornet et Flahault, *Gloeotrichia echinulata* P. G. Richter, *Gomphonema coronatum* Ehr., *Encyonema ventricosum*.

На древесном субстрате налет светло-зеленого цвета с господством *Melosira varians*, *Aulacoseira italica*, *Tribonema vulgare* Pascher. В значительном количестве встречались *Brebissonia lanceolata* (C. Ag.) R. K. Mahoney &

Reimer, *Ulnaria acus* (Kütz.) Aboal, *Tribonema angustissimum* Pasch.

В зарослях хвоща преобладал *Chaetophoropsis elegans* (Roth) B. Wen Liu, Qian Xiong, X. Dong Liu, Z. Yu Hu & G. Xiang Liu, где выявлено 38 видов с доминантами *Rhopalodia gibba*, *Epithemia argus*, *Epithemia turgida* (Ehr.) Kütz. Только в данном сообществе найдены *Limnococcus limneticus* (Lemm.) Komárková, Jezberová, O. Komárek & Zapomelová, *Merismopedia tranquilla* (Ehr.) Trevisan, *Nostoc pruniforme* C. Agardh ex Bornet & Flahault.

Менее разнообразно населены прибрежные грунты оз. Азас, в пробах дна выявлено 74 вида, число таксонов в пробах изменялось от 16 до 45. На северном берегу на гальке на глубине 20 см преобладал налет зелено-бурого цвета. Доминировали *Melosira varians*, *Aulacoseira italica*, *Rhopalodia gibba*, в значительном количестве вегетировали *Ulnaria ulna*, *Epithemia adnata* (Kütz.) Brebisson, *Epithemia parallela* (Grunow) Ruck & Nakov.

В северо-восточной части озера, где расположено устье р. Ильгичу, преобладают желто-бурые илы. На глубине 15 см господствовали *Melosira varians*, *Tabellaria fenestrata*, *Rivularia planctonica*. Из диатомовых сопутствовали *Eunotia pectinalis* (Dillw. Kütz.) Rabenh., *Eunotia pectinalis* var. *ventricosa* (Ehrenberg) Grunow., из зеленых очень часто отмечены *Pediastrum duplex* Meyen, *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E. Hegewald, *Scenedesmus ellipticus* Corda, разнообразно представлены десмидиевые: *Cosmarium brebissonii* Menegh. ex Ralfs, *C. bioculatum* Breb. ex Ralfs, *C. ralfsii* Breb. ex Ralfs.

На восточном берегу в районе устья р. Азас и старого ее русла преобладают илы коричневого цвета с доминированием *Aulacoseira italica*, *Asterionella formosa* и *Dolichospermum flos-aquae*, со значительной численностью отмечены *Tabellaria flocculosa*, *Fragilaria capucina* и др.

В юго-восточной части господствовали илы светло-бурого цвета, где доминировал *Melosira varians*, часто отмечали *Navicula reinhardtii*, *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bertalot, *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun.

На южном берегу на гальке наилок достигал 3–5 см, сообщества сформированы *Melosira varians*, *Fragilaria capucina*, *Rhopalodia gibba*, кроме них вегетировали *Neidium iridis*

(Ehr.) Cleve, *Navicula cryptocephala* Kütz., *Craticula cuspidata* (Kütz.) D. G. Mann, из синезеленых часто обнаруживали *Phormidium ambiguum* Gom.

На этом берегу преобладают песчаные грунты, на них отмечено наименьшее число видов (16). На глубине 15 см доминировали *Epithemia argus*, *Dolichospermum scheremetieviae*, *Melosira varians*. Веретировали *Ulnaria ulna*, *Navicula radiosa*, *Ulnaria acus*, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb., *Amphora ovalis* (Kütz.) Kütz. Следует отметить, на данном субстрате на глубине 30 см наблюдали обрывки *Spir-*

Эколого-географическая характеристика водорослей оз. Азас

Эколого-географическая группа	Число таксонов	Доля от выявленных таксонов, %
Местообитание		
п	52	30.4
о	48	28.1
д	44	25.7
?	27	15.8
Отношение к NaCl		
gb	14	8.2
i	118	69.0
gl	9	5.3
?	30	17.5
Отношение к pH		
az	17	9.9
i	85	49.7
al	33	19.3
?	36	21.1
Географическая характеристика		
k	82	47.9
b	49	28.7
aa	15	8.8
?	25	14.6
Сапробность		
x	6	3.5
(x-o) (o-x)	5	3.0
o	25	14.6
(o-β) (β-o)	22	12.8
β	55	32.2
(β-α) (α-β)	6	3.5
α	4	2.3
?	48	28.1

П р и м е ч а н и е. п – планктон; о – обрастания, д – дно; gb – галофоб; i – индифферент; gl – галофил; az – ацидофил; i – индифферент; al – алкалофил; k – космополит; b – бореальный; aa – арктоальпийский; x – ксеносапроб; (x-o) – ксено-олигосапроб; (o-x) – олиго-ксеносапроб; o – олигосапроб; (o-β) – олиго-β-мезосапроб; (β-o) – бета-олиго-мезосапроб; β – β-мезосапроб; (β-α) – β-α-мезосапроб; (α-β) – мезосапроб; α – мезосапроб; ? – таксон, мало изученный в эколого-географическом отношении.

ogyra sp. ster., которые образовывали скопления – “маты”, но площадь их была невелика.

Сведения о приуроченности водорослей к определенному местообитанию представлены для 144 видов (84,2 % общего состава). В исследованной части озера водоросли обитают в двух биотопах: планктоне и бентосе. Планктонные организмы составляют 30,4 %, бентос более богат: обрастатели составляют 28,1 %, донные формы – 25,7 %.

Для 141 таксона рангом ниже рода известны данные по отношению к солености, они практически все являются олигогалолами (см. таблицу). В их составе преобладают индифференты (69,0 %), галофобы представлены 14 видами: *Eunotia bidens* Ehrenberg, *Gomphonema acuminatum* var. *longiceps* (Ehr.) N. Abarca et R. Jahn, *Neidium iridis* (Ehr.) Cleve, *Tribonema affine* (Kütz.) G. S. West, *Cosmarium abbreviatum* Raciborski, *Euastrum dubium* Nägeli и др. Галофилы составляют 5,3 % (9 видов), из которых семь относятся к отделу диатомовых: *Cyclotella meneghiniana*, *Sellaphora pupula*, *S. rectangularis* (W. Greg.) Lange-Bertalot et Metzeltin. Из отдела синезеленых только два вида: *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Borner et Flahault и *Oscillatoria limosa*.

Сведения об отношении к активной реакции среды известны для 135 видов (78,9 %). Преобладающее положение занимают индифференты – 85 видов, что составляет 49,27 %. В эту группу входят доминанты: *Dolichospermum flos-aquae*, *Dinobryon stipitatum*, *Aulacoseira italica*, *Fragilaria crotonensis* и др. таксоны. Значительное число видов являются алкалофилами – 19,3 %, к ним относятся доминанты *Melosira varians*, *Epithemia argus*. Своеобразие тому или иному биотопу придавали виды, предпочитающие щелочные условия: *Ulnaria acus*, *Diploneis subovalis* Cl., *Navicula reinhardtii*, *Gyrosigma attenuatum* (Kütz.) Rabenh., *G. acuminatum* (Kütz.) Rabenh. Определено 17 видов ацидофилов, которые чаще встречались единично: *Fragilariforma virescens* (Ralfs) D. M. Willms et Round, *Eunotia bidens* Ehr., *E. praeurupta* Ehr., *Gomphonema acuminatum* Ehr., *G. constrictum* Ehr.

Распределение водорослей по географическим группам показало высокий процент космополитов (47,9 %). Значительна группа бореальных видов (28,7 %), в нее входят: из синезеленых – *Gloeotrichia echinulata*

P. G. Richter, *Dolichospermum lemmermannii*, из диатомовых – *Cymbella cymbiformis* (Ag.? Kütz.) V. H., *Gomphonema augur* Ehr., *G. constrictum* Ehr., *Iconella linearis* (W. Smith) Ruck & Nakov, *I. turgida* (W. Smith) E. Reichardt, из зеленых – *Pseudopediastrum kawraiskyi* (Schmidle) E. Hegewald. Группа арктоальпийских таксонов немногочисленна (15). Это *Hannaea arcus* (Ehr.) R. M. Patrick, *Eunotia diodon* Ehr., *Cymbella stuxbergii* Cl., *Gomphonema subtile* Ehr., *Neidium dubium* (Ehr.) Cleve и др., встречаются они редко и ценотическая роль их невелика.

В оз. Азас выявлено 123 таксона – показателей сапробности вод (см. таблицу). Отмечены индикаторы всех зон сапробности, кроме полисапробной. Обитатели очень чистых (α -ксеносапробы) и высокосапробных (α -мезосапробы) вод представлены незначительным числом таксонов – 6 и 4 соответственно. Показатель умеренного загрязнения органикой (β -мезосапробная зона) составил 32,2 %. Vegetация 72 таксонов, произрастающих в очень чистых и чистых водах, а также в α - β -мезосапробной зоне, свидетельствует об удовлетворительном состоянии водной среды.

ОБСУЖДЕНИЕ

Характеризуя роль выявленных отделов в водоеме, следует отметить, что основу альгофлоры составляют диатомовые (59,6 %), что является характерной чертой голарктических водных объектов. Такое соотношение отмечала М. В. Гецен [1985]. Представленность отдела – это показатель, который может отражать как степень альгофлористической изученности, так и особенности географического положения водоема или региона (например, горный, таежный характер).

Общее число семейств, выявленных в водоеме, равно 50. Почти треть семейств альгофлоры озера составляют дву- и одновидовые, что может свидетельствовать о сложности процесса флорогенеза и сравнительно незначительной роли миграции в нем.

В оз. Азас выявлено всего 72 рода. Двенадцать ведущих родов озера включают 38,0 % всех видов. Двадцать один род в озере является двувидовым, 44 рода – одновидовым. Анализ семейственного и родового спектров показал, что концентрация видов в сравни-

тельно небольшом числе родов и семейств подтверждает представление об автохтонном развитии альгофлоры. Значительное количество маловидовых родов и семейств подчеркивает сложность флорогенетических процессов. Данное соотношение характерно для северных флор [Комулайнен, 2004].

Доминирование в планктоне *Dolichospermum flos-aquae*, *D. scheremetieviae* и *Rivularia planctonica* в июльских пробах свидетельствует о том, что возможно “цветение” воды в озере. Кроме того, определение практически во всех биотопах изучаемого участка озера других возбудителей цветения воды, таких как *Dolichospermum circinale*, *D. lemmermannii* и *Aphanizomenon flos-aquae*, может привести к интенсивному “цветению” воды при дальнейшем нагревании водной толщи (вторая – третья декады июля и первая декада августа). Нахождение в числе массовых видов перечисленных синезеленых водорослей, характерных для эвтрофных водоемов [Петрова, 1990], вызывает опасение, что на данном водном объекте возможно будет “цветение” воды.

В последние годы во многих водоемах стали отмечать “зеленые приливы”, которые вызываются зелеными нитчатыми водорослями [Gladyshev, Gubelit, 2019]. Возбудители “цветения” – виды родов *Spirogyra*, *Cladophora* – отмечены нами в оз. Азас, но на период исследования скопления (“маты”) этих водорослей были невелики. Известно, что вегетативная стадия популяции *Spirogyra* подразделяется на две формы [Gladyshev, Gubelit, 2019]: планктонную и бентосную (перифитонную). Вторую форму мы наблюдали в период исследования (прикрепленные к погруженным макрофитам). Следовательно, необходимы дальнейшие исследования данного озера.

Преобладание представителей отдела Bacillariophyta в донных группировках характерно для многих пресных и слабоминерализованных озер юга Сибири [Сафонова, Ермолаев, 1983; Науменко, Макеева, 2011; Макеева, Науменко, 2013].

Выявление 18 видов ацидофилов, как правило, приурочено к устьевым участкам рек, таких как Ильгичу, Азас и Бестиг-Оймаг-Хем, которые имеют кислую реакцию среды и сильно заболочены.

Исследованный участок озера имеет большое количество неглубоких заливов, что при-

водит к разнообразию биотопов, на которых вегетируют водоросли. Общими для всех биотопов определено 18 видов: из отдела синезеленых – *Dolichospermum flos-aquae*, *D. scheremetieviae*, *Rivularia planctonica*, из золотистых – *Dinobryon divergens*, из динофитовых – *Ceratium hirundinella*. Остальные 13 видов относились к отделу диатомовых: *Aulacoseira italica*, *Melosira varians*, *Asterionella formosa*, *Fragilaria capucina*, *F. crotonensis*, *Tabellaria fenestrata*, *T. flocculosa*, *Encyonema ventricosum*, *Didymosphenia geminata*, *Ulnaria ulna*, *Navicula radiosa*, *Epithemia argus*, *Rhopalodia gibba*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Альгофлора заповедного участка оз. Азас довольно разнообразна и представлена водорослями из 8 отделов (171 видовой и внутривидовой таксон) с господством представителей Bacillariophyta, значительно меньше Cyanoprokaryota, что характерно многим озерам юга Сибири. Максимальное видовое разнообразие выявлено в перифитонных группировках. Во флоре отмечено преобладание в основном космополитов с существенной долей бореальных форм, индифферентных по отношению к солености (69,0 %) и pH воды (49,7 %). Вид-индикаторы сапробности представлены 123 таксонами, где выделялись виды умеренного загрязнения – β -мезосапробы (32,2 %).

Благодарности

Авторы выражают признательность администрации государственного заповедника “Азас” и особенно заместителю директора по научной работе Н. Д. Карташеву в оказании помощи при работе.

Вклад авторов

Ю. В. Науменко – руководство проектом, разработка концепции изучения акватории озера; Ю. В. Науменко и Назын Ч. Д. – визуализация, исследование состояния озера при помощи водорослей; формальный анализ проведенных исследований, написание-подготовка оригинального черновика. Авторы (Ю. В. Науменко и Назын Ч. Д.) читали текст и согласны с последним вариантом статьи.

Финансирование

Исследования выполнены в рамках государственного задания № АААА-А21-121011290024-5 Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (80 %) и Тувинского государственного университета (20 %).

Соблюдение этических стандартов

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

- Водоросли. Справочник / под ред. С. П. Вассер. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
- Гецен М. В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера / ред. М. М. Голлербах. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1985. 165 с.
- Кожова О. М. Формирование фитопланктона Братского водохранилища // Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища / отв. ред. Г. И. Галазий. М.: Наука, 1970. С. 26–160.
- Комулайнен С. Ф. Фитоперифитон рек Республики Карелия // Ботан. журн. 2004. Т. 89, № 3. С. 354–370.
- Комулайнен С. Ф. Фитоперифитон рек междуречья Кемы и Ковды Карельского берега Белого моря // Вопр. соврем. альгологии. 2018. № 2 (17). URL: <http://algology.ru/1296>
- Куликовский М. С., Глущенко А. М., Генкал С. И., Кузнецова И. В. Определитель диатомовых водорослей России / отв. ред. Н. И. Дорофеев. Ярославль: Филигрань, 2016. 804 с.
- Макеева Е. Г., Науменко Ю. В. Альгофлора. Водоросли озера Беле // Природный комплекс и биоразнообразие участка “Озеро Беле” заповедника “Хакасский” / под ред. В. В. Непомнящего. Абакан, 2013. С. 67–95.
- Науменко Ю. В., Макеева Е. Г. Водоросли солоноватого озера Лиственки (Участок “Подзаплоты”, заповедника “Хакасский”) // Раст. мир Азиат. России. 2011. № 2. С. 28–33.
- Петрова Н. А. Сукцессии фитопланктона при антропогенном эвтрофировании больших озер / отв. ред. М. А. Рычкова. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1990. 200 с.
- Сафонова Т. А., Ермолаев В. И. Водоросли водоемов системы озера Чаны / отв. ред. Т. Г. Попова. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. 153 с.
- AlgaeBase. URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 17.11.2023).
- Gladyshev M. I., Gubelit Y. I. Green Tides: New Consequences of the Eutrophication of Natural Waters (Invited Review) // Contemporary Problems of Ecology. 2019. Vol. 12, N 2. P. 109–125.

Characteristics of algae in lake Azas (Republic of Tyva, Russia)

Yu. V. NAUMENKO¹, Ch. D. NAZYN²

¹*Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
101, Zolotodolinskaya str., Novosibirsk, 630090, Russia*

²*Tuvan State University
36, Lenin str., Kyzyl, 667000, Republic of Tyva, Russia
E-mail: nazynch@mail.ru*

For the first time, information is provided about the algae of Lake Azas, part of the water area of which belongs to the Azas State Nature Reserve. 171 species and intraspecific taxa have been identified, which belong to 72 genera, 50 families and 8 divisions. It has been established that the basis of the algal flora consists of diatoms and blue-green algae. 14 dominants were identified, 9 of which belong to the Bacillariophyta department. An ecological and geographical analysis of algae in the reserved part of the lake was carried out. It was established that the algal flora of the water body is represented by benthic species with a predominance of indifferent forms in relation to the algae and active reaction of the environment. In all studied biotopes, 123 species were identified – indicators of water saprobity. The predominance of betamezosaprobionts and oligosaprobionts was noted. Geographically, cosmopolitan and boreal species dominated.

Key words: Algae, taxonomic composition, Cyanoprokaryota, Bacillariophyta, Lake Azas, Republic of Tyva.