

АЛЬГОЛОГИЯ

DOI: 10.15372/RMAR20230404

ВОДОРОСЛИ ОЗЕРА НОГААН-ХОЛЬ (ТЫВА, РОССИЯ)

Ю.В. Науменко¹, Ч.Д. Назын²

¹ Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, Россия; Naumenko55@ngs.ru

² Тувинский государственный университет,
667000 Кызыл, ул. Ленина 36, Тыва, Россия; nazynch@mail.ru

Впервые приводятся сведения об альгофлоре озера Ногаан-Холь, расположенного в Тодженской котловине Республики Тыва. Приведен список водорослей, включающий 218 видов, разновидностей и форм, относящихся к 94 родам, 52 семействам и 8 отделам. Основу альгофлоры составляют диатомовые и синезеленые водоросли. Выявлено 13 доминантов, относящихся к родам: *Cyclotella*, *Ulnaria*, *Dinobryon*, *Fragilaria*, *Oscillatoria*, *Epithemia*. Проведен эколого-географический анализ, согласно которому альгофлора представлена бентосными видами с преобладанием индифферентных форм по отношению к галобности и активной реакции среды. В исследованном озере выявлено 152 сапробионта. В географическом отношении господствовали космополиты и бореальные виды.

Ключевые слова: озеро, альгофлора, *Cyanoprokaryota*, *Bacillariophyta*, Тыва.

Для цитирования: Науменко Ю.В., Назын Ч.Д. 2023. Водоросли озера Ногаан-Холь (Тыва, Россия). *Растительный мир Азиатской России*. 16(4):342–348. DOI 10.15372/RMAR20230404

ВВЕДЕНИЕ

Республика Тыва обладает богатым потенциалом пресной воды. На территории представлено многообразие водных объектов: реки, озера, подземные воды, снежники, ледники. В республике наблюдается большое количество выходов подземных вод, к которым относятся минеральные источники. Лечебные источники – аржаны – в переводе с древнего санскритского языка означают святую или целебную воду (Аракчаа, 1995). Аржаны подразделяют на минеральные и пресные. К лечебным гидроминеральным ресурсам относятся пресные, соленые и грязевые озера. Данные водные объекты используются местным населением для лечения многих заболеваний. Одним из них является озеро Ногаан-Холь, где представлены донные осадки в виде грязи. Грязь мягкая, липкая на ощупь, местные жители используют ее для лечения опорно-двигательного аппарата. Знание состава водорослей, сроки их вегетации в этих объектах имеет большое значение. Сведений о водорослях соленых и грязевых озер республики очень мало (Науменко, 1997а,б; Науменко, 1999; Науменко, Zaika, 2002). Цель настоящего исследования – изучение видового разнообразия водорослей, определение комплекса доминирующих видов и проведение эколого-географического анализа выявленной альгофлоры.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В настоящей статье изложены результаты исследования оз. Ногаан-Холь, расположенного в Тоджинском кожууне (районе) на северо-востоке Тывы, в Тоджинской котловине. Альгологические пробы собирали в июне 2018 г., июле 2019 г. и июне 2022 г. Всего проанализирована 71 проба фитопланктона, перифитона и бентоса. Во время сбора материала измеряли температуру и pH воды (pH-метр pH = 150 МИ). Химический анализ воды выполнен в Тувинском государственном университете в лаборатории физико-химических методов исследования. Озеро площадью 0.6 км² имеет длину около 2000 м, ширину 500 м. Температура в разные сроки отбора проб варьировала от 21 до 24 °С, активная реакция воды изменялась от 6.95 до 7.85. Водоросли исследовали с помощью светового микроскопа “Amplival” Carl Zeiss Jena при увеличении от 640 до 1600 раз. Для идентификации диатомей проводили техническую обработку проб с целью удаления протопласта клеток с последующим изготовлением постоянных препаратов. Панцири клеток заключали в среду с высоким коэффициентом преломления света. В работе принята система диатомовых водорослей, приведенная в “Определителе диатомовых водорослей России” (Куликовский и др., 2016). Номенклатурные комбинации ряда видов соответствуют приводимым в элек-

тронной базе данных (AlgaeBase. URL.2023). Для оценки роли отдельных таксонов вычисляли частоту встречаемости (pF) (Кожова, 1970; Комулайнен, 2018). Обработку проводили по общепринятой методике альгологических исследований (Водоросли, 1989).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В оз. Ногаан-Холь ионный состав (мг/л) воды следующий: $\text{Na}^+ + \text{K}^+ - 0.44$, $\text{Ca}^{2+} - 38.63$, $\text{Mg}^{2+} - 20.18$, $\text{HCO}_3^- - 169.21$, $\text{SO}_4^{2-} - 14.68$, $\text{Cl}^- - 27.58$. Общая минерализация составляет 277.4 мг/л. Ионно-солевой состав вод магниево-кальциево-гидрокарбонатный при низком содержании железа ($\text{Fe}_{\text{общ}} - 0.24$). В озере встречается толстый слой грязи (от 0.5 до 1.2 м) серовато-голубоватого цвета. По данным спектрального анализа, ил содержит определенное количество бария (0.03 %). Происхождение ила связано, вероятно, с современными хемогенными процессами и накоплением органики.

Водоросли оз. Ногаан-Холь в настоящее время представлены 218 видами, относящимися к 94 родам и 52 семействам из 8 отделов. По числу видовых и внутривидовых таксонов преобладают диатомовые – 44.9 %, им уступают синезеленые – 19.2 %, разнообразно представлены харофитовые – 17.9 %, зеленые – 14.4 %. Беден состав золотистых, эвгленовых, желтозеленых и динофитовых водорослей, которые в сумме дают 4.2 % состава (табл. 1).

Отдел диатомовых водорослей представлен тремя классами: *Coscinodiscaceae*, *Fragilariophyceae*, *Bacillariophyceae*, которые содержат соответственно 3, 23 и 98 видовых и внутривидовых таксона. Из первого класса обнаружены *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz. и *C. meneghiniana* Kütz. относящиеся к семейству *Stephanodiscaceae*. Класс *Fragilariophyceae* представлен 9 родами, из которых по 4 вида содержали *Diatoma* и *Fragilaria*. Наиболее разнообразен класс *Bacillariophyceae*, представленный в озере 19 семействами и 37 родами. Диатомеи господствуют как по таксономическому разнообразию, так и по численности.

На втором месте по разнообразию в альгофлоре озера синезеленые водоросли *Cyanoprokaryota* – 33 вида. Принадлежат они к одному классу *Cyanophyceae*, 15 семействам и 21 роду. По числу видов (4) выделяется род *Chroococcus* с видами: *Chroococcus giganteus* West, *C. minimus* (Keissler) Lemm., *C. minutus* (Kütz.) Näg., *C. turgidus* (Kütz.) Näg. Из других представителей отдела наиболее часто встречалась *Oscillatoria limosa* Ag.

Третье место с одним классом *Zygnematophyceae* занимают харофитовые водоросли *Charophyta*

(30 видов). Отдел представлен 4 семействами и 8 родами. Наиболее многочисленными были роды *Cosmarium* (14 видов) и *Closterium* (7).

Среди зеленых водорослей *Chlorophyta* (24) выделяется класс *Chlorophyceae*, который содержит 4 семейства и 11 родов. На первом месте по числу видов (5) стоит род *Desmodesmus*. Класс *Ulvophyceae* представлен одним видом *Ulothrix zonata* (Web. et Mohr) Kütz.

Из отдела *Dinophyta* выявлено три таксона *Peridinium cinctum* (O.F. Müll.) Ehr., *Ceratium hirundinella* (O.F. Müll.) Bergh и *C. hirundinella* var. *robustum* (Amb.) Bachm. относящихся к двум семействам и двум родам.

Эвгленовые водоросли *Euglenophyta*, обнаруженные в озере, принадлежат к двум родам: *Lepocinclis acus* (O.F. Müll.) B. Marin & Melkonian и *Phacus caudatus* Hübner.

Из отделов желтозеленых найден *Ophiocytium parvulum* A. Br., из золотистых водорослей – *Dinobryon divergens* Imh.

Характеризуя участие тех или иных отделов в водоеме, следует отметить, что основу альгофлоры составляют диатомовые, что является характерной чертой голарктических водных объектов. Представленность отдела – это показатель, который может отражать как степень альгофлористической изученности, так и особенности географического положения водоема или региона (например, горный характер).

Общее число семейств, обнаруженных в озере, равно 52. Наиболее крупные 9 семейств, которые принадлежат отделам диатомовых, харовых и зеленых: *Desmidiaceae* (21 таксон), *Cymbellaceae* и *Gomphonemataceae* (по 19), *Naviculaceae* (16), *Fragilariaceae* (15), *Scenedesmeceae* (14), *Surirellaceae* (8), *Rhopalodiaceae* и *Closteraceae* (по 7 таксонов).

Таблица 1

Данные о количестве видов, разновидностей и форм водорослей озера Ногаан-Холь

Data on the number of species, varieties and forms of algae of Lake Nogaan-Khol

Отдел	Число таксонов	Доля, %
<i>Cyanoprokaryota</i>	33	19.2
<i>Chrysophyta</i>	1	0.6
<i>Bacillariophyta</i>	124	44.9
<i>Xanthophyta</i>	1	0.6
<i>Dinophyta</i>	3	1.8
<i>Euglenophyta</i>	2	1.2
<i>Chlorophyta</i>	24	14.4
<i>Charophyta</i>	30	17.9
Всего	218	100

Данные семейства включают 126 таксонов, что составляет 57.8 % от всего состава. Семейства, занимающие ведущее положение в альгофлоре региона, играют важную роль и в структуре альгоценозов. На остальные 41 семейство приходится 92 таксона (42.2 %). Девять семейств представлены двумя видами, к одновидовым относится 19 семейств.

Таким образом, почти треть семейств альгофлоры озера составляют дву- и одновидовые семейства, что может свидетельствовать о сложности процесса флорогенеза, о сравнительно немаловажной роли миграции в нем.

В оз. Ногаан-Холь выявлено всего 94 рода. Десять ведущих родов озера включают 37.6 % всех видов (табл. 2). Девятнадцать родов в озере являются двувидовыми, 49 родов – одновидовые.

Таким образом, в составе озера Ногаан-Холь четко просматривается концентрация видов в сравнительно небольшом числе родов и семейств, что подтверждает представление об автохтонном развитии альгофлоры. Значительное количество маловидовых родов и семейств подчеркивает сложность флорогенетических процессов.

По группам активности (значения относительной встречаемости видов) показали следующую картину. Выделены 4 группы – особо активные (с частотой встречаемости свыше 75 %), высокоактивные (74–45 %), малоактивные (44–15 %) и неактивные (меньше 15 %). Особо активными оказались 6 видов: *Cyclotella meneghiniana*, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère, *Dinobryon divergens*, *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Oscillatoria limosa*, *Epithemia parallela* (Grunow) Ruck & Nakov. Они составляют 2.8 % и представлены диатомовыми, золотистыми и синезелеными водорослями. К высокоактивным

отнесены 11 таксонов: *Tetradesmus obliquus* (Turp.) M.J., *Epithemia turgida* (Ehr.) Kütz., *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb., *Chroococcus turgidus*, *Encyonema ventricosum* (C. Ag.) Grun., *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schmidt, *Cocconeis placentula* Ehr., *Ulnaria ulna* var. *spatulifera* (Grun.) Aboal, *Navicula cryptocephala* Kütz., *Tetradesmus lagerheimii* M.J. Wynne & Guiry, *Snowella lacustris* (Chod.) Komárek et Hindák. Данные 11 видов составляют 5.0 % от всего состава. В группу малоактивных вошли 16 таксонов, остальные относятся к неактивным видам.

В период исследования выявлено всего 13 доминантов по численности, из отдела диатомовых: *Cyclotella meneghiniana*, *Fragilaria crotonensis*, *Ulnaria ulna*, *Epithemia parallela*, *Cocconeis placentula*, *Epithemia turgida*, *Encyonema ventricosum*, *Cymbella cistula* (Ehr.) Kirchner, из синезеленых – *Nostoc caeruleum* Lyngb. ex Born. et Flahault, из золотистых *Dinobryon divergens*, из отдела зеленых – *Ulothrix zonata*, из харофитовых – *Zygnema insigne* (Hass.) Kütz., *Spirogyra decimina* (Müll.) Kütz.

Фитопланктон в озере в июньских и июльских пробах представлен диатомовыми, синезелеными и золотистыми водорослями. В планктонных пробах число видов изменялось от 20 до 25. Господствовали *Fragilaria crotonensis*, *Cyclotella meneghiniana*, *Ulnaria ulna*, в отдельных пробах в значительных количествах вегетировал *Dinobryon divergens*. Из синезеленых постоянно встречались *Merismopedia glauca* (Ehr.) Naeg., *M. tranquilla* (Ehr.) Trevisan, несколько реже в середине июля в планктоне отмечали *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend Elenk., *M. flos-aquae* (Wittrock) Kirchner., *M. pulvereae* (Kütz.) Elenk. На южном берегу озера встречались *Scenedesmus obtusus* Meyen, *S. quadricauda*, *Cosmarium turpinii* Breb., *C. venustum* (Breb.) Arch. Большинство диатомей, отмеченных в планктоне, являются представителями донных группировок и перифитона: *Navicula oblonga* Kütz., *N. tripunctata* (O. Müll.) Bory, *Gomphonema brebissonii* Kütz., *G. intricatum* Kütz., *Epithemia turgida* и другие.

Наиболее разнообразны водоросли обрастаний, их число в пробах варьировало от 28 до 68 видов. Доминировали в данных группировках также практически одни диатомеи. В выжимках мха на восточном побережье озера отмечено максимальное число видов – 68. Господствовали *Ulnaria ulna*, *Encyonema ventricosum*. Наиболее часто здесь встречались *Rhopodia gibba* (Ehr.) O. Müll., *Ulnaria acus* (Kütz.) Aboal, *Gomphonema acuminatum* Ehr., *Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh., *Pinnularia microstauron* (Ehr.) Cl., *Diatoma anceps* (Ehr.) Kirchn. Десмидиевые находили здесь несколько чаще, чем в других частях водоема: *Closterium parvulum* Näg.,

Таблица 2

Крупнейшие по числу видов, разновидностей и форм семейства и рода озера Ногаан-Холь

The largest families and genus of Lake Nogaan-Khol in terms of the number of species, varieties and forms

Семейство	Число таксонов	Род	Число таксонов
<i>Desmidiaceae</i>	21	<i>Gomphonema</i>	17
<i>Cymbellaceae</i>	19	<i>Cosmarium</i>	14
<i>Gomphonemataceae</i>	19	<i>Navicula</i>	10
<i>Naviculaceae</i>	16	<i>Cymbella</i>	8
<i>Fragilariaceae</i>	15	<i>Closterium</i>	7
<i>Scenedesmaceae</i>	14	<i>Ulnaria</i>	6
<i>Surirellaceae</i>	8	<i>Cymbopleura</i>	5
<i>Rhopodiaceae</i>	7	<i>Desmodesmus</i>	5
<i>Closteriaceae</i>	7	<i>Epithemia</i>	5
		<i>Nitzschia</i>	5
Vсero	126		82

C. littorale Gay, *Cosmarium hornavanense* Gutw., *C. undulatum* Corda, *C. speciosum* Lund.

В обрастаниях тростника в районе западного берега господствовали *Cocconeis placentula*, *Epithemia parallela*. Наибольшее число таксонов на данном субстрате равнялось 42. Часто здесь отмечали *Ulnaria ulna* var. *spathulifera*, *Epithemia turgida*, *Stauroneis anceps* Ehr., *Cymbopleura naviculiformis* (Auersw. ex Heiberg) Krammer, *Cymatopleura solea* (Breb.) W. Sm., *Epithemia turgida*, *Gomphonema subtile* Ehr., *Cymatopleura apiculata* W. Smith, *Chroococcus turgidus*, только в этой части озера найдены *Closterium littorale* Gay, *Cosmarium pseudopyramidatum* Lund. и *Euastrum dubium* Näg.

На высших растениях, преимущественно осоках, выявлено 42 вида с доминантами *Cymbella cistula*, *Ulothrix zonata*. В значительном количестве встречались *Cymbella laevis* Naeg., *Achnanthydium minutissimum* (Kütz.) Czarnecki, *A. nodosum* (Cleve) Tseplik et Chudaev, *Eucocconeis flexella* (Kützing) F. Meister, *Ulnaria capitata* (Ehr.) Compere, *Diatoma hiemale* (Lyngb.) Heib., *Tetrademus lagerheimii*, *T. obliquus* (Turpin) M.J. Wynne, *Encyonema ventricosum*.

Наименьшее число видов (28) выявлено на древесном субстрате (ветки, стволы деревьев). Господствовали *Epithemia turgida*, *Cymbella cistula*, сопутствовали им *Oscillatoria tenuis* Ag., *O. limosa*, *Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Rabenhorst, *G. constrictum* Ehr., *Cymbopleura cuspidata* (Kützing) Krammer, *Eunotia lunaris* (Ehr.) Grun., *Meridion circulare* Ag.

Менее разнообразно населены прибрежные грунты озера Ногаан-Холь. Как правило, они освоены водорослями от уреза воды до глубины 20–25 см. На глубине более 25 см в озере распространены грунты серовато-голубоватого цвета. В северной и восточной частях водоема расположены илы (грязи), достигающие толщины 50–100 см. Число видов в донных пробах варьировало от 23 до 39. Большая часть видов сосредоточена на глубине 10–20 см, а остальная – на глубине 40–50 см. На северном берегу отмечены группировки водорослей, сформированные *Zygnema insigne*. На дне вегетировали *Navicula radiosa* Kütz., *Cymbella lanceolata* C. Agardh, *C. turgidula* Grun., *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm., *N. fonticola* (Grunow) Grunow, *N. linearis* W. Sm., *Iconella linearis* (W. Smith) Ruck & Nakov, *Surirella angustata* Kütz., *Pandorina morum* (Müll.) Bory, *Tetraedron caudatum* (Corda) Hansg., *Calothrix clavata* G.S. West, *Gomphosphaeria aponina* (Wolle.) Elenk.

В северо-восточной части, где находится родник (аржаан), водорослевая группировка представлена видом *Ulothrix zonata*. Разнообразны также диатомовые: *Navicula rhynchocephala* Kütz.,

Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehr., *Neidium iridis* (Ehr.) Cl., *Stauroneis phoenicenteron* (Nitzsch) Ehr., *Caloneis silicula* (Ehr.) Cl., *C. schumanniana* (Grun.) Cl. и синезеленые *Chroococcus minutus*, *Merismopedia tenuissima* Lemm., *Spirulina major* Kütz.

На южном берегу озера найдены сообщества, сформированные *Spirogyra decimina*. В них вегетировали *Craticula cuspidata* (Kütz.) D.G. Mann, *Navicula cincta* (Ehr.) Kütz., *Pinnularia viridis*, *Sellaphora pupula* (Kütz.) Mereschkovsky, *Ctenophora pulchella* (Ralfs ex Kützing) D.M. Williams & Round, *Nitzschia paleacea* (Grun.) Grun., *Placoneis elginensis* (W. Gregory) E.J. Cox, *Surirella elegans* Ehr., *Tetraedron minimum* (A. Br.) Hansg., *Gloeocapsa alpina* Näg.

На этом берегу на глубине 5–10 см отмечены большие скопления *Nostoc caeruleum*, с видами *Chroococcus giganteus*, *Oscillatoria proboscidea* Gom., *Phormidium ambiguum* Gom. Из диатомей встречены *Navicula exigua* (Greg.) O. Müll., *Cosmionopsis pusilla* (W. Smith) D.G. Mann et A.J. Stickl, *Navicula vulpina* Kütz., *Amphora ovalis* (Kütz.) Kütz., *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun.

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).

Данные о приуроченности водорослей к определенному местообитанию представлены для 195 видов (89.4 % общего состава). В исследованном озере водоросли обитают в двух биотопах: планктоне и бентосе. Планктонные организмы составляют 30.3 %, в то время как бентос более богат: донные формы составляют 25.2 %, обрастатели – 33.9 % (табл. 3).

Для 190 таксонов рангом ниже рода известны данные по отношению к солености, они практически все являются олигогалолами (см. табл. 3). В их составе преобладают индифференты (70.2 %), галофобы представлены 18 видами: *Diatoma hiemale*, *Fragilariforma bicapitata* (A. Mayer) D.M. Williams & Round, *Pinnularia gracillima* Greg., *Frustulia rhomboides* (Ehr.) D.T., *Eunotia praeurupta* Ehr., *Cymbopleura heteropleura* (Ehr.) Z.X. Shi, *Closterium moniliferum* (Bory) Ehr., *Euastrum dubium* и другие. Галофилы составляют 8.2 % (18 видов), из которых 12 относятся к отделу диатомовых: *Cyclotella meneghiniana*, *Staurisirella pinnata* (Ehr.) D.M. Williams et Round, *Hippodonta capitata* (Ehr.) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski, *Sellaphora pupula*, *S. rectangularis* (W. Greg.) Lange-Bertalot et Metzeltin, *Rhopalodia gibberula* (Ehr.) O. Müll. Из отдела синезеленых только 6 видов: *Chroococcus giganteus*, *C. turgidus*, *Gomphosphaeria aponina*, *Leptolyngbya tenuis* (Gom.) Anagnostidis & Komárek, *Oscillatoria limosa*, *Plank-*

Таблица 3

**Эколого-географическая характеристика
водорослей озера Ногаан-Холь**
Ecological and geographical characteristics
of algae of Lake Nogaan-Khol

Эколого-географическая группа	Число таксонов	% от выявленных таксонов
Местообитание		
п	66	30.3
о	74	33.9
д	55	25.2
?	23	10.6
Отношение к NaCl		
gb	18	8.2
i	153	70.2
gl	18	8.2
mg	1	0.4
?	28	12.8
Отношение к pH		
az	18	8.3
i	105	48.2
al	50	22.9
?	45	20.6
Географическая характеристика		
k	118	54.1
b	58	26.6
aa	17	7.8
?	25	11.5
Сапробность		
x	5	2.3
(x-o) (o-x)	5	2.3
o	22	10.1
(o-β) (β-o)	28	12.8
β	70	32.1
(β-α) (α-β)	16	7.3
α	6	2.8
?	66	30.3

Примечание. п – планктонный, о – вид обрастаний, д – донный; gb – галофоб, i – индифферент, gl – галофил, mg – мезогалоб; 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-бета-мезосапроб, (β-o) – бета-олиго-мезосапроб, (β) – бета-мезосапроб, (β-α) – бета-альфа-мезосапроб, (α-β) – альфа-бета-мезосапроб, (α) – альфа-мезосапроб, ? – таксон, мало изученный в эколого-географическом отношении.

Note. p – plankton, o – periphiton, d – bottom; gb – halophobic, i – indifferent, gl – halophilic, mg – mesohalob; az – acidophilus, i – indifferent, al – alkaliphil; k – cosmopolitan, b – boreal, aa – arctoalpine; (x) – xenosaprob, (x-o) – xeno-oligosaprob, (o-x) – oligo-xenosaprob; (o) – oligosaprob, (o-β) – oligo-beta-mesosaprob, (β-o) – beta-oligo-mesosaprob, (β) – beta-mesosaprob, (β-α) – beta-alpha-mesosaprob, (α-β) – alpha-beta-mesosaprob, (α) – alpha-mesosaprob, ? – a taxon that has been little studied in ecological and geographical terms.

tohyngbya contorta (Lemm.) Anagnostidis & Komárek. Выявлен один вид мезогалоб – *Stenophora pulchella*.

Сведения об отношении к активной реакции среды известны для 173 видов (79.4 %). Преобладающее положение занимают индифференты – 105 видов, что составляет 48.2 %. В эту группу входят доминанты: *Cyclotella meneghiniana*, *Fragilaria crotonensis*, *Encyonema ventricosum*, *Ulothrix zonata* и другие таксоны. Значительное количество видов являются алкалофилами – 22.9 %, это такие доминанты как: *Ulnaria ulna*, *Epithemia parallela*, *Cocconeis placentula*, *Epithemia turgida*, *Cymbella cistula*. Свообразие тому или иному биотопу придавали виды, предпочитающие щелочные условия: *Staurosira construens* Ehr., *S. binodis* (Ehr.) Lange-Bertalot, *Ulnaria amphirhynchus* (Ehr.) Compère & Bukhtiyarova, *U. biceps* (Kütz.) Compère et Bukhtiyarova, *Navicula oblonga* Kütz., *N. vulpina* Kütz., *Brebissonia lanceolata* (C. Ag.) R.K. Mahoney & Reimer, *Nitzschia dissipata* (Kütz.) Rabenh., *Cymatopleura elliptica* (Breb.) W. Sm., *Iconella biseriata* (Breb.) Ruck & Nakov и другие. Выявлено 18 видов ацидофилов, которые встречались единично: *Fragilaria vaucheriae* (Kützing) J.B. Petersen, *Gomphonema productum* (Grun.) Lange-Bertalot ex E. Reichardt, *Closterium calosporum* Wittz., *C. peracerosum* var. *elegans* G. West, *Cosmarium punctulatum* Breb., *Micrasterias decemdentata* (Näg.) Arch. и другие.

Распределение водорослей по географическим группам показало высокий процент космополитов (54.1 %). Значительна группа бореальных видов (26.6 %), в нее входят *Gloeocapsa artrata* Kütz., *Limnithrix planctonica* (Wołosz.) Meffert, *Leptolyngbya tenuis* (Gom.) Anagnostidis & Komárek из синезеленых; *Cosmarium hiemale* (Gay) Nordst. из харофитовых; *Pinnularia major* (Kütz.) Rabenhorst, *Cymbella affinis* Kütz., *C. cymbiformis* (Ag. Kütz.) V.H., *C. turgidula* Grun., *Cymboplectra lata* (Grun. ex Cleve) Krammer, *Kurtkrammeria aequalis* (W. Smith) Bahls, *Gomphonema coronatum* Ehr., *G. grunowii* R.M. Patrick et Reimer, *Surirella minuta* Brebisson ex Kütz. из диатомовых и другие. Группа аркто-альпийских видов (17) малочисленна. Это: *Caloneis molaris* (Grun.) Krammer, *Nupea neograssillima* Kulikovskiy et Lange-Bertalot, *Achnanthis nodosum*, *Gomphonema augur* Ehr., *Eucocconeis flexella* (Kützing) F. Meister и др., встречаются они довольно редко, их центрическая роль в основном невелика.

В озере Ногаан-Холь выявлено 152 вида – показателей сапробности вод (см. табл. 3). Отмечены индикаторы всех зон сапробности, кроме полисапробной. Обитатели очень чистых (x – ксеносапробы) и высокосапробных (α – мезосапробы) вод представлены незначительным числом таксонов – 5 и 6 соответственно. Показатели умеренного за-

грязнения органикой (β – мезосапробная зона) составили 32.1 %. Vegetация 58 таксонов, произрастающих в очень чистых и чистых водах, а также в (α - β) – мезосапробной зоне, свидетельствует о благополучном состоянии водной среды.

Интересно сопоставить видовой состав источника Ногаан-Хол (Науменко, Назын, 2021) и озера. Общими для двух водных объектов были 52 таксона: по 2 из отделов *Chlorophyta* и *Charophyta*, 5 – *Cyanoprokaryota* и 43 – из отдела *Bacillariophyta*. Из доминантов общим оказался всего один вид – *Ulothrix zonata*. Отсутствовали сходные водоросли в группе особо активных видов (значения относительной встречаемости видов). Коэффициент Серенсена показал слабое сходство – 34 %. Гидрологические и гидрохимические условия различны, достаточно отметить, что в источнике активная реакция среды нейтральная ($\text{pH} = 6.8$), а в озере она уже щелочная ($\text{pH} = 7.85$). Это подтверждает наличие в числе доминантов пяти видов, предпочитающих щелочную среду. Достаточно отметить, что в озере найдено 50 видов алкалифилов (см. табл. 3), в то время в источнике их выявлено всего 19 (Науменко, Назын, 2021).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Альгофлора озера Ногаан-Холь Республики Тыва довольно разнообразна и представлена водорослями из восьми отделов (218 видовых и внутривидовых таксонов) с преобладанием представителей *Bacillariophyta* и *Cyanoprokaryota*, что свойственно минерализованным озерам юга Сибири. Наибольшее видовое разнообразие обнаружено в перифитонных группировках. Отмечено шесть высокоактивных видов, относящихся к родам: *Cyclotella*, *Ulnaria*, *Dinobryon*, *Fragilaria*, *Oscillatoria*, *Epithemia*. Альгофлора представлена в основном космополитными видами с существенной долей бореальных и арктоальпийских форм (34.4 % от общего состава), индифферентными по отношению к солености (70.2 %) и pH воды (48.2 %). Виды – индикаторы сапробности представлены 152 таксонами, где выделялись виды умеренного загрязнения (β) – мезосапробы (32.1 %).

Благодарности. Исследования выполнены в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН № АААА-А21-121011290024-5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Аракчаа К.К. 1995.** Слово об аржаанах Тыва. М. 23 с. [Arakchaa K.D. 1995. Word about arjaans of Tuva: about salt and mud lakes. Moscow. 23 s. (in Russian)]
- Водоросли. 1989.** Отв. ред. С.П. Вассер. Киев. 608 с. [Vasser S.P. (Ed.) 1989. Algae (reference). Kiev. 608 p. (in Russian)]
- Кожова О.М. 1970.** Формирование фитопланктона Братского водохранилища. В: Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища. Отв. ред. Г.И. Галазий. М. 26-160. [Kozhova O.M. 1970. Formation of phytoplankton of the Bratsk reservoir. In: Galazius G.I. (Ed.). Formation of natural conditions and life of the Bratsk reservoir. Moscow. 26-160. (in Russian)]
- Комулайнен С.Ф. 2018.** Фитоперифитон рек между-речья Кеми и Ковды Карельского берега Белого моря. *Вопросы современной альгологии*. 2(17). URL: <http://algology.ru/1296>. [Komulajnen S.F. 2018. Phytoperiphyton of the rivers between the rivers Kemi and Kovdy of the Karelian coast The White Sea. *Voprosy Sovremennoj Algologii = Issues of Modern Algology*. 2(17). URL: <http://algology.ru/1296>. (in Russian)]
- Куликовский М.С., Глущенко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. 2016.** Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль. 804 с. [Kulikovskij M.S., Glushchenko A.M., Genkal S.I., Kuznetsova I.V. 2016. Identification book of diatoms from Russia. Yaroslavl. 804 p. (in Russian)]
- Макеева Е.Г., Науменко Ю.В. 2013.** Альгофлора. Водоросли озера Беле. В: Природный комплекс и биоразнообразие участка “Озеро Беле” заповедника “Хакасский”. Под ред. В.В. Непомнящего. Абакан. 67-95. [Makeeva E.G., Naumenko Y.V. 2013. Algorflora. Algae of Lake Bele. In: Nepomnyashchikh V.V. (Ed.). Natural Complex and Biodiversity of the Lake Bele Site of the Khakassky Nature Reserve. Abakan. 67-95. (in Russian)]
- Науменко Ю.В. 1997а.** Водоросли озера Амдайген-Холь (Тува, Россия). *Альгология*. 7(1):49-54. [Naumenko Y.V. 1997. Algae of Lake Amdaigen-Khol (Tuva, Russia). *Algologia = Algology*. 7(1):49-54. (in Russian)]
- Науменко Ю.В. 1997б.** Первые сведения об альгофлоре соленого озера Шара-Нур (Южная Тува). *Ботанический журнал*. 82(4):39-46. [Naumenko Y.V. 1997. The first information about the alborflora of the salt lake Shara-Nur (Southern Tuva). *Botanicheskii Zhurnal = Botanical Journal*. 82(4):39-46. (in Russian)]
- Науменко Ю.В., Макеева Е.Г. 2011.** Водоросли солоноватого озера Лиственки (Участок “Подзаплоты” заповедника “Хакасский”). *Растительный мир Азиатской России*. 2(8):28-33. [Naumenko Y.V., Makeeva E.G. 2011. Algae of the brackish lake Listvenki (Site “Podzaploty”, nature reserve “Khakassy”). *Rastitel'nyj Mir Aziatskoj Rossii = Flora and Vegetation of Asian Russia*. 2(8):28-33. (in Russian)]
- Науменко Ю.В., Назын Ч.Д. 2021.** Водоросли минерального источника Ногаан-Хол (Тыва, Россия). *Растительный мир Азиатской России*. 14(1):28-33. DOI 10.15372/RMAR20210103. [Naumenko Y.V., Nazyn Ch.D. 2021. Algae mineral source Nogan-Khol (Tuva, Russia). *Rastitel'nyj Mir Aziatskoj Rossii = Flora*

and *Vegetation of Asian Russia*. 14(1):28-33. DOI 10.15372/RMAR20210103. (in Russian)]

Сафонова Т.А., Ермолаев В.И. 1983. Водоросли водоемов системы озера Чаны. Новосибирск. 153 с. [Safonova T.A., Ermolaev V.I. 1983. Algae of water bodies of the Chany Lake system. Novosibirsk. 153 p. (in Russian)]

AlgaeBase. URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 27.03.2023).

Naumenko Y.V. 1999. Algae of lake Bai-Khol (Tuva, Russia). *International Journal of Salt Research*. 8: 171-176.

Naumenko Y.V., Zaika V.V. 2002. Biota of Lake Cheder (Tuva, Russia). *Hydrobiologia*. 468:261-263.

ALGAE MINERAL SOURCE NOGAAN-KHOL (TYVA, RUSSIA)

Yury V. Naumenko¹, Chechekmaa D. Nazyn²

¹Central siberian botanical garden SB RAS, Novosibirsk, Russia; Naumenko55@ngs.ru

²Tuvan State University, Kyzyl, Tyva, Russia; nazynch@mail.ru

For the first time, an algological study of Lake Nogaan-Khol, located in the Todzha basin of the Republic of Tyva, was carried out. The results of phytoplankton, phytobenthos and fouling are presented. A comprehensive study and identification of species composition is relevant not only from the point of view of biodiversity inventory, but for the most efficient use and protection of water bodies. 218 species, varieties and forms of algae were identified in the reservoir, belonging to 94 genera, 52 families and 8 divisions: *Cyanoprokaryota* (33), *Bacillariophyta* (124), *Chrysoophyta* (1), *Dinophyta* (3), *Xanthophyta* (1), *Euglenophyta* (2), *Chlorophyta* (24), *Charophyta* (30). To assess the role of individual taxa, the frequency of occurrence was calculated. 4 groups were distinguished – especially active (with a frequency of occurrence over 75 %), highly active (74–45 %), inactive (44–15 %) and inactive (less than 15 %). The dominant complex is represented by a small set of species. Fouling groups on various substrates and benthic communities are considered. An ecogeographical analysis was carried out, according to which the algoflora is represented by benthic (33.9 %) and periphytonic (25.2 %) species, with a predominance of indifferent (70.2 %) forms in relation to the halicity and active reaction of the environment (48.2 %). In the studied lake, 152 species-indicators of saprobity were identified. Marked indicators of all zones of saprobity, except for polysaprobic. Inhabitants of very clean (x – xenosaprobe) and highly saprobic (α – mesosaprobe) waters are represented by a small number of taxa – 5 and 6, respectively. Geographically, cosmopolitans (54.1 %) and boreal (26.6 %) species dominated. The purpose of the study was to determine the species composition and ecological state of the waters of the Nogaan-Khol lake.

Key word: lake, algoflora, *Cyanoprokaryota*, *Bacillariophyta*, Tyva.

For citation: Naumenko Yu.V., Nazyn Ch.D. 2023. Algae Mineral source Nogaan-Khol (Tyva, Russia). *Rastitel'nyj Mir Aziatskoj Rossii = Flora and Vegetation of Asian Russia*. 16(4):342-348. DOI 10.15372/RMAR20230404

Acknowledgments. The work was conducted within the frame of the state assignment of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS No. AAAA21-121011290024-5.

ORCID ID

Yu.V. Naumenko 0000-0002-7135-0724

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию / Received by the editors 18.04.2023

Принята к публикации / Accepted for publication 22.08.2023