

ВОДНАЯ ФЛОРА
И ФАУНА

УДК 582.26(282.256.6)

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ ВОДОЕМОВ СУБАРКТИЧЕСКОЙ ТУНДРЫ

© 2021 г. Л. И. Копырина^а, С. И. Генкал^{б, *}, П. А. Ремигайло^а

^аИнститут биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, Россия

^бИнститут биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук,
пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия

*e-mail: genkal@ibiw.ru

Поступила в редакцию 24.01.2019 г.

После доработки 07.08.2020 г.

Принята к публикации 16.09.2020 г.

Впервые с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) изучены диатомовые водоросли из небольших водоемов полигонально-валиковой тундры о. Тит-Ары (нижнее течение р. Лена). В фитоперифитоне обнаружено 160 таксонов из 48 родов, 25 семейств, 13 порядков и 3 классов, в том числе 55 новых для флоры бассейна р. Лены, 46 – Якутии и 13 – определенных до рода. Наибольшее разнообразие Bacillariophyta представлено в неглубоком озере на северной оконечности острова, обнаружено >100 видов и разновидностей диатомовых водорослей, из них 29 новых для флоры Якутии. В исследованных водоемах отмечены доминирующие виды *Achnanthes minutissimum*, *Caloneis silicula*, *Cocconeis euglypta*, *C. pediculus*, *C. placentula*, *Cymbella artica*, *C. neocistula*, *Eunotia faba*, *E. praerupta*, *Gomphonema acuminatum*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula cryptocephala*, *Stauroneis anceps*, *Tabellaria fenestrata*, *T. flocculosa*, *Ulnaria ulna*.

Ключевые слова: Bacillariophyta, фитоперифитон, остров Тит-Ары, р. Лена, Якутия

DOI: 10.31857/S0320965221020091

ВВЕДЕНИЕ

Первые немногочисленные литературные сведения о диатомовых водорослях низовьев р. Лена приводятся в работе Серкиной (1969) – по результатам обследования фитопланктона некоторых участков дельты реки и ее взморья дана общая численность представителей родов *Melosira* и *Asterionella* без подразделения их на виды. Выявлено, что основная роль в фитопланктоне дельты р. Лена и ее взморья принадлежит диатомовым водорослям. Позднее по результатам изучения фитопланктона основных протоков дельты (Оленекская, Быковская, Трофимовская, Саардахская и Арангастахская) приведены 74 таксона водорослей, относящихся к семи отделам с преобладанием представителей Bacillariophyta – 29 видов (Васильева, Ризванова, 1976). В исследованных протоках доминировали *Asterionella formosa* Hassal, *A. gracillima* (Hantzsch) Heiberg, *Melosira varians* Agardh, *M. distans* (Ehrenberg) Kützing var. *distans*, *M. distans* var. *alpigena* Grunow, *M. granulata* var. *angustissima* O. Müller, *M. italica* (Ehrenberg) Kützing var. *italica*, *M. italica* var. *tenuissima* (Grunow) O. Müller, *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing (Васильева, Ризванова, 1976). В водоемах Усть-Ленского заповедника зафиксировано 45 таксонов диатомовых водорослей и сходный состав доминантов (*Melosira distans*, *M. granulata*

(Ehrenberg) Ralfs, *Asterionella formosa*, *A. gracillima*, *Tabellaria fenestrata*, *Navicula radiosa* Kützing) (Ремигайло, 1983). В работе по альгофлоре дельты р. Лена приведен подробный сравнительный флористический анализ водорослей разных участков дельты, преддельтового участка, а также мелких стоячих водоемов, в видовом списке указано 302 вида и разновидности (Васильева, Ризванова, 1976). Основу систематического списка представляли водоросли из отделов диатомовых (от одного до 44 видов), зеленых и синезеленых. Распределение их по отдельным участкам дельты было неоднородным. Во всех исследованных водоемах в бентосе и чаще в обрастаниях встречались виды родов *Cocconeis*, *Eunotia*, *Gomphonema*, *Gyrosigma*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Stauroneis*, *Synedra*, *Surirella*, *Tabellaria*. По результатам исследований нижнего участка р. Лены от пос. Жиганск до пос. Джарджан и в дельте реки зарегистрировано 286 таксонов водорослей из семи отделов, из них диатомовых – 174 с доминированием в весеннем планктоне *Melosira italica*, *M. granulata*, *M. varians*, *Fragilaria intermedia* Grunow, *Asterionella formosa*, *Tabellaria fenestrata* var. *intermedia* Grunow (Ремигайло, 1986). Многолетние исследования фитопланктона среднего и нижнего течения р. Лены выявили 898 таксонов водорослей, в том числе – 393 представителя Bacillariophyta (Ремигайло, 2014). Наиболее часто

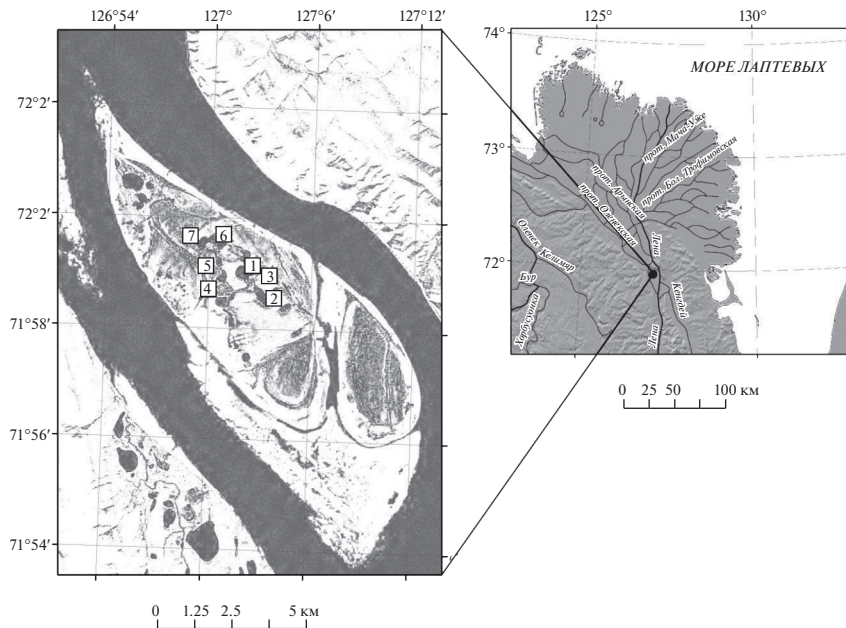


Рис. 1. Карта-схема о. Тит-Ары в низовьях р. Лены. 1–7 – станции отбора проб.

встречались *Melosira varians*, *Fragilaria intermedia*, *Synedra acus* Kützing, *S. ulna* (Nitzsch) Ehrenberg, *S. ulna* var. *danica* (Kützing) Grunow, *Asterionella formosa*, *Hannaea arcus* (Ehrenberg) Patrick, *Navicula reinhardtii* (Grunow) Cleve, *Eunotia praeurupta* Ehrenberg, *Cymbella cistula* (Hemprisch) Grunow, *C. tumida* (Brébisson) V. Heurck, *Amphora ovalis* Kützing, *Epithemia turgida* (Ehrenberg) Kützing, *Nitzschia acicularis* W. Smith, *Surirella tenera* Gregory, *Cyrtopleura solea* (Brébisson) W. Smith и др. В работе по фитопланктону рек Якутии для р. Лены приведено 393 таксона Bacillariophyta видового и внутривидового ранга из 42 родов (Габышев, Габышева, 2018). В планктоне реки отмечены массовые виды: *Aulacoseira distans*, *A. distans* var. *alpigena*, *A. islandica* (O. Müller) Simonsen, *A. italica*, *Fragilaria virescens* var. *inaequidentata* Lagerstedt, *Hannaea arcus* var. *amphioxys* (Rabenhorst) Patrick, *Diatoma anceps* (Ehrenberg) Kirchner, *D. hiemale* (Lyngbye) Heiberg, *D. hiemale* var. *mesodon* (Ehrenberg) Grunow, *Navicula amphibola* Cleve, *Gyrosigma acuminatum* (Kützing) Rabenhorst, *Eunotia diodon* Ehrenberg, *E. praeurupta* var. *praeurupta*, *E. praeurupta* var. *bidens* (W. Smith) Grunow, *E. praeurupta* var. *inflata* Grunow, *Gomphonema ventricosum* Gregory. Все вышеупомянутые исследования были выполнены с использованием световой микроскопии.

Данные по изучению видового состава диатомовых водорослей фитоперифитона нижнего течения р. Лены отсутствуют.

Цель работы – описать видовой состав Bacillariophyta в водоемах о. Тит-Ары (низовье р. Лены) с использованием световой и сканирующей электронной микроскопии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Остров Тит-Ары расположен в предельтовом участке нижнего течения р. Лены (71°53' с.ш., 127°09' в.д. – 72°02' с.ш., 126°52' в.д.), где начинается южная вершина дельты, первый узел разветвления простирается далее в северном направлении до о. Столб, в пределах Булкурской протоки с запада и основного русла реки с востока. Территория острова сформирована под влиянием речных наносов и русловой деятельности реки (рис. 1). Основная часть острова сложена аллювиальными отложениями и песками, юго-западная (наиболее высокая) часть о. Тит-Ары – дочетвертичными породами, на которых растет разреженный лиственный лес. Остров характеризуется большим количеством озер эрозионно-термокарстового и водно-эрозионного происхождения на первых и вторых надпойменных террасах. Его климат обусловлен нахождением в высоких широтах и входит в субарктическую климатическую зону, он полярный и суровый с продолжительной холодной зимой и коротким прохладным летом. Среднегодовая температура воздуха составляет (–13.2)–(–13.4)°С, средняя температура января (–33.3)–(–34.0)°С, июля – 7–8.9°С (Витвицкий, 1965; Егорова, 1965; Исаев и др., 2016).

Материалом для наших исследований послужили пробы фитоперифитона, отобранные со мхов и высших водных растений в литоральной части водоемов (табл. 1) острова (ст. 1–7) в августе 2009 г.

Сбор и обработку материалов проводили по методикам, предложенным в работе С.Ф. Кому-

Таблица 1. Характеристика литоральной части исследуемых водоемов (ст. 1–7) о. Тит-Ары (рис. 1)

Номер станции	Водоем, форма	Размер, м	<i>P</i> , м	<i>t</i> , °С	Дно	Берег	Описание
1	Пойменное озеро, округлое	60 × 45	≤1.0	9.5	П	ГЗ осоки и арктофилы	Проточное
2	Термокарстовое озеро, овальное	70 × 55	≤1.0	9.2	П/И	ГЗ ивняков	Расположено среди листовенничной редины
3	Морозобойная трещина	>20	≤0.2	8.7	И	—	Заполнена грунтовыми водами, ширина местами 15 см
4	Термокарстовое озеро	35 × 30	≤1.0	9.8	П/И	ГЗ ив, осоки, арктофилы	Расположено на полигоне полигонально-валиковой тундры
5	Озеро-старича, продолговатое	260 × 45	≤1.0	9.4	П/И	Заросли осоки и арктофилы	Расположено среди мелкобугорковой тундры
6	Озеро разнообразно изогнутой формы	180 × 130	≤1.0	10.2	П/И	ГЗ осоки и арктофилы	Неглубокое
7	Озерцо-провал	60 × 45	≤1.0	9.8	П/И	ГЗ осоки и арктофилы	Проточное, расположено в низине между двумя увалами на северной оконечности острова

Примечание: *P* – прозрачность воды; ГЗ – густые заросли; П – песчанное дно, П/И – песчанно-илистое, И – илистое.

лайнена (2004). Для освобождения створок диатомей от органических веществ использовали метод холодного сжигания (Балонов, 1975). Препараты водорослей изучали с помощью светового Аxiostarplus Zeiss и сканирующих электронных Phillips 525M6 и Quanta 200 FEI микроскопов центра ультрамикрoанализа Лимнологического института РАН. Для идентификации водорослей использовали следующие систематические сводки (Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, 1991b; Krammer, 1997a, 1997b, 2000, 2002, 2003; Lange-Bertalot, Genkal, 1999; Reichardt, 1999; Lange-Bertalot, 2001; Генкал, Вехов, 2007; Levkov, 2009; Генкал и др., 2011, 2015; Lange-Bertalot et al., 2011; Харитонов, Генкал, 2012; Levkov et al., 2013; Харитонов, 2014; Куликовский и др., 2016; Чудаев, Голлобова, 2016), для уточнения названия и систематического положения – международную альгобазу: AlgaeBase (<http://www.algaebase.org>). Экологическая и географическая характеристики диатомей приведены по (Pantle, Buck, 1955; Sladeček, 1973, 1986; Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988; 1991a, 1991b; Krammer, 1997a, 1997b, 2002, 2003; Lange-Bertalot, Genkal, 1999; Reichardt, 1999; Lange-Bertalot, 2001; Барина и др., 2006; Стенина, 2009; Levkov, 2009; Харитонов, Генкал, 2012; Харитонов, 2014).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследованных водоемах о. Тит-Ары выявлено 160 таксонов (* – новые для бассейна реки,

** – новые для альгофлоры Якутии). *Achnantheopsis oestrupii* (Cleve-Euler) Lange-Bertalot – 4 (здесь и далее указаны номера станций); *Achnanthidium daonense* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, Mounier et Ector – 6; *A. minutissimum* (Kützing) Czarnecki – 2, 5, 6; *A. pusillum* (Grunow) Czarnecki – 2; *Amphipleura pellucida* (Kützing) Kützing – 2; *Amphora ovalis* (Kützing) Kützing – 3; ***A. pseudosibirica* Levkov et Pavlov – 6; *Amphora* sp. – 6; *Aneumastus apiculatus* (Østrup) Lange-Bertalot – 3; *Asterionella formosa* Hassall – 2; ***Boreozonacola hustedtii* Lange-Bertalot, Kulikovskiy et Witkowski – 4, 5; *Caloneis silicula* (Ehrenberg) R.T. Cleve – 3, 5; *Cavinula* sp. – 7; *Cocconeis euglypta* Ehrenberg – 3; *C. lineata* Ehrenberg – 3, 6; *C. pediculus* Ehrenberg – 6; *C. placentula* Ehrenberg – 3, 5, 7; *Craticula cuspidata* (Kützing) D.G. Mann – 6; *Cymatopleura apiculata* W. Smith – 3; ***Cymbella neocistula* Krammer – 2, 3, 5; ***C. neogena* (Grunow) Krammer – 3, 5; ***Cymbella* cf. *subhelvetica* Krammer – 5; ***Cymbopleura lapponica* (Grunow) Krammer – 6; *C. subcuspidata* (Krammer) Krammer – 5, 6; *C. tynnii* (Krammer) Krammer – 3, 5, 6; *Denticula elegans* Kützing – 6; *Diploneis elliptica* (Kützing) P.T. Cleve – 3; *Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk et Klee – 3, 6; *Discostella* sp. – 3; ***Encyonema hustedtii* Krammer – 6; ***Encyonema* cf. *lunatum* (W. Smith) Van Heurck – 6; *E. obscurum* (Krasske) D.G. Mann – 6; *E. silesiacum* (Bleisch) Mann – 2, 3, 6; *Encyonema* sp. – 6; ***E. vulgare* Krammer – 6; *Epithemia adnata* (Kützing) Brébisson – 2, 4, 6; *E. turgida* (Ehrenberg) Kützing – 3, 4, 6; *Eucoconeis*

flexella (Kützing) Meister – 6; *E. laevis* (Østrup) Lange-Bertalot var. *laevis* – 1, 5; ***E. laevis* var. *diliviana* (Hustedt) Lange-Bertalot – 6; ***Eunotia arcus*** Ehrenberg – 3, 4, 6; *E. bidens* Ehrenberg – 6; *E. bilunaris* (Ehrenberg) Schaarschmidt – 3, 4, 6, 7; ***E. boreotenuis* Nörpel-Schempp et Lange-Bertalot – 6; ***E. botuliformis* Wild, Nörpel et Lange-Bertalot – 3; ***E. curtagrunowii* Nörpel-Schempp et Lange-Bertalot – 3, 4, 6; ***Eunotia* cf. *dorofeyukae* Lange-Bertalot et Kulikovskiy – 6; *E. exigua* (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst – 3, 4, 6; *E. faba* (Ehrenberg) Grunow – 1–4, 6; ***E. ferefalcata* Kulikovskiy et Lange-Bertalot – 3, 4; *E. flexuosa* (Brébisson ex Kützing) Kützing – 4; ***E. glacialifalsa* Lange-Bertalot – 6; *E. gracilis* Meister – 6; **E. intermedia* (Krasske ex Hustedt) Nörpel-Schempp et Lange-Bertalot – 6; ***E. metamonodon* Lange-Bertalot – 6; *E. minor* (Kützing) Grunow – 6; *E. monodon* Ehrenberg – 6; ***E. mucophila* (Lange-Bertalot, Nörpel-Schempp et Alles) Lange-Bertalot – 4; ***E. paraprærupta* Lange-Bertalot et Metzeltin – 6; *E. prærupta* Ehrenberg – 3, 4, 6; ***E. pseudoflexuosa* Hustedt – 4; ***E. pseudo-groenlandica* Lange-Bertalot et Tagliaventi – 6; **Eunotia* cf. *pseudopectinalis* Hustedt – 3, 6; ***E. scandiorussica* Kulikovskiy, Lange-Bertalot, Genkal – 6; *E. septentrionalis* Østrup – 6; *Eunotia* cf. *soleirolii* (Kützing) Rabenhorst – 6; *Eunotia* sp. 1 – 6; *Eunotia* sp. 2 – 6; *E. subarcuatooides* Alles Nörpel et Lange-Bertalot – 2–4, 6; ***E. superbidens* Lange-Bertalot – 6; **E. tenella* (Grunow) Hustedt – 6; ***E. ursamaioris* Lange-Bertalot et Nörpel-Schempp – 3, 6; *E. valida* Hustedt – 4, 6; ***Fragilaria capucina*** var. *capucina* Desmazieres – 2, 3, 6; ***F. capucina* var. *perminuta* (Grunow) Lange-Bertalot – 6; *Fragilaria* sp. 1 – 6; *Fragilaria* sp. 2 – 6; *F. vaucheriae* (Kützing) Petersen – 2, 3, 6; ***Fragilariiforma virscens*** var. *mesolepta* (Rabenhorst) Andresen Stoermer Kreis in Andresen – 3, 6; ****Geissleria similis*** (Krasske) Lange-Bertalot et Metzeltin – 6; ***Gomphonema acuminatum*** Ehrenberg – 2–6; ***G. angusticephalum* E. Reichardt et Lange-Bertalot – 4, 6; ***Gomphonema* cf. *minusculum* Krasske – 6; *G. clavatum* Ehrenberg – 6; *G. gracile* Ehrenberg – 3; *G. micropus* Kützing – 4; *G. parvulum* (Kützing) Kützing – 6; *G. productum* (Grunow) Lange-Bertalot et E. Reichardt – 3; *Gomphonema* sp. 1 – 4, 6; *Gomphonema* sp. 2 – 4, 6; *G. subclavatum* (Grunow) Grunow – 6; *G. truncatum* Ehrenberg – 6; ***Gyrosigma attenuatum*** (Kützing) Rabenhorst – 3, 6; ***Hantzschia amphioxys*** (Ehrenberg) Grunow – 5; *****Humidophila schmassmanii*** (Hustedt) Buczko et Woital emend. Genkal – 6; ***Luticola mutica*** (Kützing) D.G. Mann – 5; ***Melosira varians*** C. Agardh – 3; ***Navicula cryptocephala*** Kützing – 3, 5, 7; *N. exilis* Kützing – 6; *N. gregaria* Donkin – 3; ***Navicula* cf. *pseudotenelloides* Krasske – 7; *N. radiosa* Kützing – 6, 7; ***Navicula* cf. *vaneei* Lange-Bertalot – 6; ***Neidium bisulcatum*** (Lagerstedt) P.T. Cleve – 6; *N. dubium* (Ehrenberg) P.T. Cleve – 6; ***Nitzschia alpina*** Hustedt – 5; *N. microcephala* Grunow – 5; *N. perminuta* (Grunow) M. Peragallo – 5, 6; *****Pinnu-***

laria anglica Krammer – 6; *P. biceps* Gregory – 1, 4, 6; *P. brevicostata* R.T. Cleve – 1; *****Pinnularia*** cf. ***bullacostae*** Krammer et Lange-Bertalot – 6; ***P. crucifera* Cleve-Euler – 3, 5; *P. major* (Kützing) Cleve – 2; *P. mesolepta* (Ehrenberg) W. Smith – 4; ***P. neomajor* Krammer – 2; ***P. parvulissima* Krammer – 3, 5; *****Pinnularia*** cf. ***schimanskii*** Krammer – 3, 5; ***P. septentrionalis* Krammer – 6; ***P. sinistra* Krammer – 3–6; *Pinnularia* sp. 1 – 5; *Pinnularia* sp. 2 – 5; *Pinnularia* sp. 3 – 3; *P. spitsbergensis* P.T. Cleve – 4; ***P. subcommutata* Krammer – 6; *Pinnularia* cf. *viridis* (Nitzsch) Ehrenberg – 5; *****Placoneis coloradensis*** Kociolek et Thomas – 6; **P. explanata* (Hustedt) Mayama – 6; *Placoneis* cf. *pseudanglica* (Lange-Bertalot) Cox – 6; ***Planothidium lanceolatum*** (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot – 2; ***Psammothidium chlidanos*** (Hohn et Hellerman) Lange-Bertalot – 6; ***P. daonense* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot – 6; **Psammothidium* cf. *grischuna* (Wuthrich) Bukhtiyarova et Round – 6; **P. levanderi* (Hustedt) Bukhtiyarova et Round – 6; *Psammothidium* cf. *marginulatum* (Wuthrich) Bukhtiyarova et Round – 6; ***Pseudostaurosira parasitica*** (W. Smith) Morales – 3; *****Punctastriata ovalis*** Williams et Round – 6; ***Rhopalodia gibba*** (Ehrenberg) O. Müller – 3, 6; ***Rossithidium pusillum*** (Grunow) Round et Bukhtiyarova – 6; ***Sellaphora bacillum*** (Ehrenberg) D.G. Mann – 3; **S. laevissima* (Kützing) D.G. Mann – 3; ***Sellaphora* cf. *obesa* D.G. Mann – 3; ***S. parapupula* Lange-Bertalot – 7; *S. pupula* (Kützing) Mereschkowsky – 3, 4, 6; *S. pseudopupula* (Krasske) Lange-Bertalot – 6; ***Stauroneis anceps*** Ehrenberg – 3, 4, 6; *S. phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenberg – 6, 7; ***S. reichardtii* Lange-Bertalot, Cavacini, Tagliaventi et Alfinito – 6; *S. smithii* Grunow – 6; ***Stauroneis elliptica*** (Schumann) Williams et Round – 6; *S. venter* (Ehrenberg) Cleve et Möller – 6; ****Stephanodiscus*** cf. *alpinus* Hustedt – 7; ***S. makarovae* Genkal – 7; *Stephanodiscus* sp. – 3; ***Surirella angusta*** Kützing – 3; *S. brebissonii* Krammer et Lange-Bertalot – 3; ***Tabellaria fenestrata*** (Lyngbye) Kützing – 3–6; *T. flocculosa* (Rotn) Kützing – 2, 4, 6; ***Ulnaria acus*** (Kützing) Aboal – 7; *U. ulna* (Nitzsch) Compère – 3, 7. Иллюстрации некоторых редких для флоры России и новых для Якутии приведены на рис. 2.

Среди исследованных водоемов наибольшее разнообразие Vacillariophyta представлено в водоеме на северной оконечности острова. В неглубоком озере (ст. 6) найдено >100 таксонов видового и внутривидового ранга, из них 29 – новые для флоры Якутии. Под сопкой в заполненной водой морозобойной трещине (ст. 3) выявлен 61 таксон, среди них 11 – новые для региона. В озере-стариче (ст. 5) среди мелкобугорковой тундры зарегистрировано 29 видов (8 – новых для Якутии). В термокарстовом озере на полигоне полигонально-валиковой тундры (ст. 4) обнаружено 35 таксонов, из них 7 относятся к новым для региона. В термокарстовом озере (ст. 2) среди листовнич-

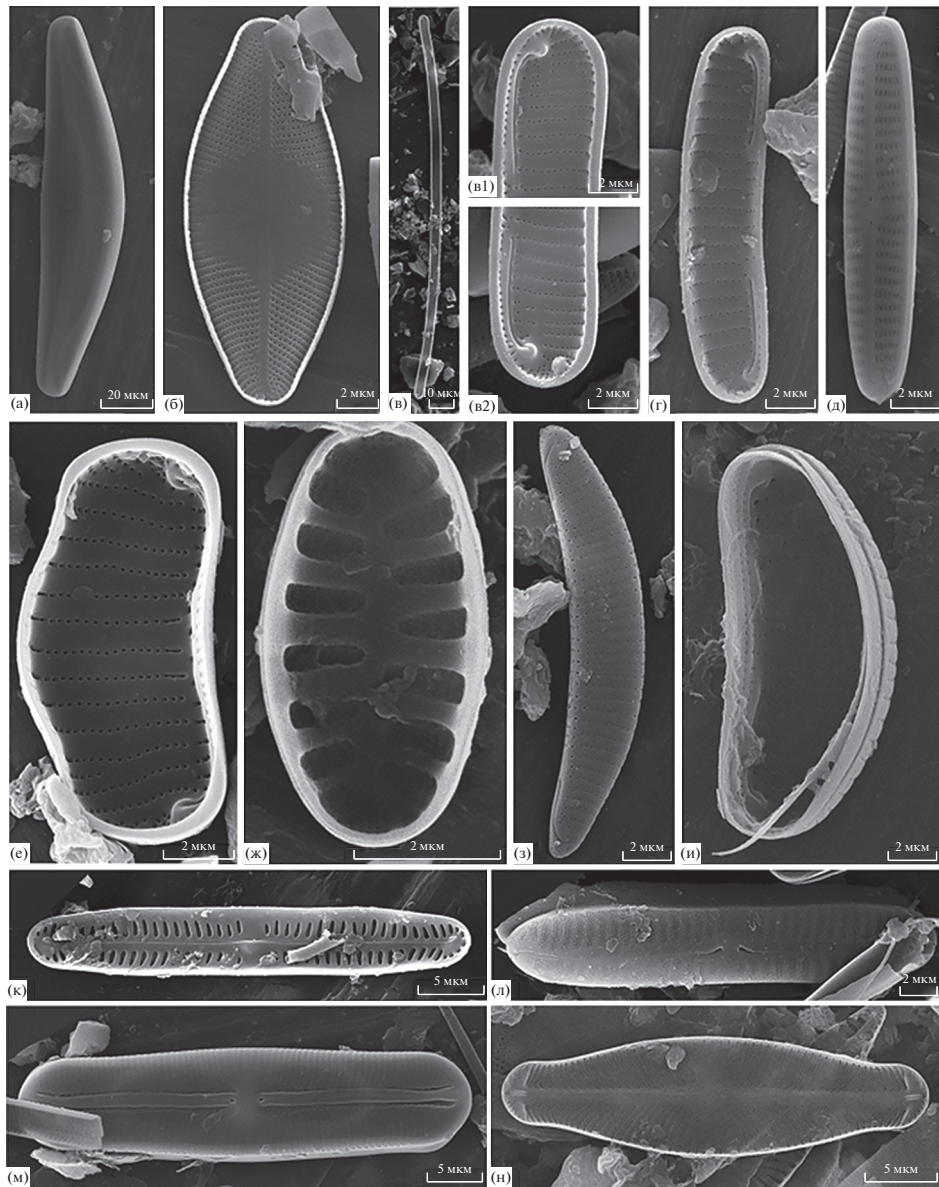


Рис. 2. Электронные микрофотографии створок (СЭМ) с внутренней (б, в, в1, в2, г, е, ж, и, к, н) и с наружной (а, д, з, л, м) поверхности. а – *Cymbella neogena*; б – *Eucocconeis laevis* var. *diliviana*; в, в1, в2 – *Eunotia pseudoflexuosa*; г – *E. botuliformis*; д – *Navicula* cf. *pseudotenelloides*; е – *Eunotia curtagrunowii*; ж – *Punctastriata ovalis*; з – *Eunotia ferefalcata*; и – *E. subarcuatoides*; к – *Pinnularia sinistra*; л – *P. cf. schimanskii*; м – *Sellaphora parapupula*; н – *S. cf. obesa*.

ной редины отмечено 24 представителя Bacillariophyta (2 – новые для флоры Якутии). В озере-провал (ст. 7), в низине между двумя увалами на северной оконечности острова найдено 13 видов диатомовых водорослей (3 – новые для республики). В пойменном озере (ст. 1) выявлено минимальное число – 8 видов. В исследованных водоемах в видовом отношении преобладали широко распространенные виды. Среди них лидирующее положение в фитоперифитоне занимали *Asterionella formosa*, *Eunotia bilunaris*, *E. faba*, *Fragilaria capucina*, *Gomphonema acuminatum*, *Tabellaria fenestrata*.

Для 82 таксонов из 160 диатомей, обнаруженных в водоемах о. Тит-Ары, известно географическое распространение: 58 таксонов (70.8%) – космополиты по 12 таксонов (по 14.6%) – голарктические и бореальные виды. Для 85 таксонов известна приуроченность к местообитанию, среди них доминируют бентосные виды – 68 таксонов (80%), планктонно-бентосных видов – 14 и планктонных – 3.

Выявлено 87 таксонов, для которых известно отношение к pH среды. В период наших исследований отмечено преобладание алкалифилов – 32 таксона (36.8%), среди них наиболее часто в

пробах встречали *Caloneis silicula*, *Cocconeis placentula*, *Fragilaria vaucheriae*, *Gomphonema acuminatum*, *Gyrosigma attenuatum*, *Navicula cryptocephala*, *Ulnaria ulna*. Из группы индифферентов (27 таксонов, или 31%) чаще всего отмечали *Achnanthydium minutissimum*, *Encyonema silesiacum*, *Navicula radiosa*, *Sellaphora pupula*, *Stauroneis anceps*, *Tabellaria fenestrata*. Из ацидофилов, представленных 25 таксонами (28.7%), постоянно присутствовали *Eunotia arcus*, *E. bilunaris*, *E. exigua*, *E. faba*, *E. prae-rupta*, *Pinnularia bipes*, *Tabellaria flocculosa*. Из алкалибионтов обнаружены только 3 вида (3.5%) – часто встречающиеся *Epithemia adnata*, *E. turgida*, *Rhopalodia gibba*.

Выявлены таксоны-индикаторы сапробности воды – 81, из них олигосапробионтов – 22, бета-сапробионтов – 15, олиго-бетасапробионтов – 10, ксено-олигосапробионтов – 8, олиго-альфа- и ксеносапробионтов – по 6, альфа-бета-, бета-альфа- и бета-олигосапробионтов – по 3, олиго-ксено- и ксено-бетасапробионтов – по 2, альфа-сапробионтов – 1. Легко заметить, что в диатомовой флоре водоемов о. Тит-Ары преобладают олиго- и ксеносапробионты с их вариациями – 59 таксонов, это 72.8% видов-индикаторов сапробности (81) или 51% всех обнаруженных в водоемах о. Тит-Ары таксонов (160), что характеризует водоемы как олиготрофные.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ данных электронного и светового микроскопирования позволил впервые охарактеризовать таксономическую структуру диатомовых водорослей водоемов из о. Тит-Ары нижнего течения р. Лена.

Наибольшее таксономическое разнообразие выявлено для родов *Fragilaria* s.l. (9 таксонов), *Eunotia* (33), *Pinnularia* (18), *Achnanthes* (14), *Navicula* s.l. (14), *Cymbella* s.l. (12), *Gomphonema* (12) и 13 родов (~30%) – моновидовые. На долю семи ведущих родов по видовому богатству приходится 112 видов и разновидностей (70% общего количества таксонов).

Такое структурное соотношение между ведущими родами, их ролью в сложении состава флоры, по мнению ряда авторов, – отличительная черта северных флор и отражает высокоширотное положение региона (Гецен, 1985; Васильева, 1989; Комулайнен, 2004; Стенина, 2009). Все найденные виды и разновидности отмечены в планктоне и в обрастающих высших водных растений, а также на моховых подушках мелких водоемов Субарктики (Ремигайло, 1983, 1986). К сожалению, литературные данные по видовому составу фитоперифитона р. Лены, в том числе низовья реки, отсутствуют. В обобщающей работе по разнообразию растительного мира Якутии для этой реки

приводится близкий набор следующих родов: *Pinnularia* (16), *Gomphonema* (21), *Cymbella* (22 таксона), *Nitzschia* (29), *Fragilaria* s.l. (45), *Navicula* (58) (Разнообразие..., 2005; Flora..., 2010). В более поздней работе В.А. Габышева, О.И. Габышевой (2018) по фитопланктону крупных рек Якутии для р. Лена приведено 393 таксона Bacillariophyta видового и внутривидового рангов из 42 родов, отмечен сходный набор наиболее богатых в таксономическом плане родов: *Eunotia* (27), *Pinnularia* (27), *Gomphonema* (30), *Nitzschia* (32), *Navicula* (43), *Fragilaria* s.l. (48). Состав массовых видов в фитопланктоне реки характеризуется наличием планктонных представителей центральных диатомей рода *Aulacoseira* и бесшовных из родов *Diatoma* и *Fragilaria* (Габышев, Габышева, 2018) и значительно отличается от таковых, выявленных нами в фитоперифитоне. Следовательно, водоросли обрастаний о. Тит-Ары имеют своеобразный состав в условиях низкой температуры, слабого протаивания под ними многолетнемерзлой толщи и короткого вегетационного периода в Арктике.

Выводы. В водоемах о. Тит-Ары выявлено 160 видов и разновидностей диатомовых водорослей, из них 55 таксонов – новые для бассейна р. Лены и 46 таксонов – новые для Якутии, что позволило в значительной степени расширить таксономический спектр водорослей реки и региона. Находки такого числа новых таксонов и форм, определенных только до рода, свидетельствуют о слабой изученности Bacillariophyta р. Лены и региона в целом и необходимости дальнейших альгологических исследований с привлечением современных данных и методов электронной микроскопии. Наибольшее разнообразие Bacillariophyta представлено в неглубоком озере на северной оконечности острова – обнаружено >100 видов и разновидностей диатомовых водорослей, из них 29 новых для флоры Якутии. Наибольшим таксономическим разнообразием характеризуются рода *Eunotia* (33), *Pinnularia* (18) и *Achnanthes* (14). Среди доминирующих видов зафиксированы бентосные и эпифитные представители родов *Achnanthydium*, *Eunotia*, *Gomphonema*, *Tabellaria*. Полученные данные могут быть использованы для мониторинга тундровых олиготрофных водоемов Арктики.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю благодарность за предоставленный материал Л.Н. Порядиной (Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН) и Е.В. Лихошвай (Лимнологический институт СО РАН) за предоставленную возможность работы на сканирующих электронных и световых микроскопах в Центре коллективного пользования “Электронная микроскопия”.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственных заданий Института биологических проблем криолитозоны СО РАН “Фундаментальные и прикладные аспекты изучения разнообразия растительного мира Северной и Центральной Якутии” (0376-2018-0001) (№ АААА-А17-117020110056-0) и Института биологии внутренних вод РАН “Систематика, разнообразие и филогения водных автотрофных организмов России и других регионов мира” (№ АААА-А18-118012690095-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Балонов И.М.* 1975. Подготовка диатомовых и золотистых водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. Москва: Наука. С. 87.
- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В.* 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Изд-во “Pilies Studio”.
- Васильева И.И.* 1989. Анализ видового состава и динамики развития водорослей водоемов Якутии. Якутск: Изд-во Якутск. науч. центра СО АН СССР.
- Васильева И.И., Ризванова Р.Г.* 1976. Водоросли дельты реки Лены // Бюллетень научно-технической информации. Якутск: Якутский научный центр СО АН СССР. С. 8.
- Васильева И.И., Ремигайло П.А.* 1986. Флора пресноводных водорослей Ленской дельты. Якутск. Деп. в ВИНТИ. № 2414-В86.
- Витвицкий Г.Н.* 1965. Климат // Якутия. Москва: Наука. С. 115.
- Габышев В.А., Габышева О.И.* 2018. Фитопланктон крупных рек Якутии и сопредельных территорий Восточной Сибири. Новосибирск: Изд-во “СибАк”.
- Генкал С.И., Вехов Н.В.* 2007. Диатомовые водоросли водоемов Русской Арктики. Москва: Наука.
- Генкал С.И., Бондаренко Н.А., Шур Л.А.* 2011. Диатомовые водоросли озер юга и севера Восточной Сибири. Рыбинск: Дом печати.
- Генкал С.И., Чекрыжева Т.А., Комулайнен С.Ф.* 2015. Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии. Москва: Научный мир.
- Гецен М.В.* 1985. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Ленинград: Наука.
- Егорова Г.Н.* 1965. Природные условия дельты реки Лены и севера Хараулахских гор в пределах проектируемого заповедника // Природа Якутии и ее охрана. Якутск: Кн. изд-во. С. 174.
- Исаев А.П., Габышева Л.П., Михалева Л.Г.* 2016. Эколого-географические особенности лесного массива на острове Тит-Ары (Дельта реки Лены) // География и природные ресурсы. № 2. С. 53.
- Комулайнен С.Ф.* 2004. Экология фитоперифитона малых рек Восточной Фенноскандии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН.
- Куликовский М.С., Глуценко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В.* 2016. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: Филигрань.
- Разнообразие растительного мира Якутии. 2005. Новосибирск: Наука.
- Ремигайло П.А.* 1983. Альгофлора водоемов проектируемого Усть-Ленского заповедника // Биолого-экономические исследования местной растительности и интродуцируемой флоры Якутии. Якутск: Якутский научный центр СО АН СССР. С. 5.
- Ремигайло П.А.* 1986. Альгофлора водоемов некоторых участков Нижней Лены // Биологические проблемы Севера: Тез. докл. IX симпозиума. Якутск. Вып. 2. С. 51.
- Ремигайло П.А.* 2014. Эколого-географическая структура таксономического разнообразия фитопланктона реки Лены // Наука и образование. № 1. С. 90.
- Серкина Р.А.* 1969. Планктон и бентос р. Лены и ее приморских участков // Тр. Якутск. отд. Сиб. НИИ рыбн. хоз-ва. Вып. 3. С. 118.
- Стенина А.С.* 2009. Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) в озерах востока Большеземельской тундры. Сыктывкар: Коми науч. центр УрО РАН.
- Харитонов В.Г.* 2014. Диатомовые водоросли Колымы. Магадан: Кордис.
- Харитонов В.Г., Генкал С.И.* 2012. Диатомовые водоросли озера Эльгыгытгын и его окрестностей (Чукотка). Магадан: Северо-восточный научный центр Дальневосточного отделения РАН.
- Чудаев Д.А., Гололобова М.А.* 2016. Диатомовые водоросли озера Глубокого (Московская область). Москва: Товарищество науч. изданий КМК.
- Flora of Yakutia: Composition and Ecological Structure. 2010. V. 3. Dordrecht: Springer.
- Krammer K.* 1997a. Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 1: Allgemeines und *Encyonema* part // Bibl. Diatomologica. Bd 36. 382 s.
- Krammer K.* 1997b. Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 2: *Encyonema* part., *Encyonopsis* und *Cymbellopsis* // Bibl. Diatomologica. Bd 37. 469 s.
- Krammer K.* 2000. Diatoms of Europe. V. 1: *Pinnularia*. 703 p.
- Krammer K.* 2002. Diatoms of Europe. V. 3: *Cymbella*. 584 p.
- Krammer K.* 2003. Diatoms of Europe. *Cymbopleura*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocymbella*. V. 4. 530 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.* 1986. Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae // Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart. Bd 2/1. 876 s.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.* 1988. Bacillariophyceae. Teil 2. Epithemiaceae, Bacillariaceae, Surirellaceae // Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. Bd 2/2. 536 s.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.* 1991a. Bacillariophyceae. Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart; N.Y.: Gustav Fischer Verlag. Bd 2/3. 576 s.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.* 1991b. Bacillariophyceae. Teil 4: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis // Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. Bd 2/4. 437 s.

- Lange-Bertalot H.* 2001. Diatoms of Europe. *Navicula* sensu stricto, 10 genera separated from *Navicula* sensu lato // *Frustulia*. V. 2. 1–526 p.
- Lange-Bertalot H., Bak M., Witkowski A.* 2011. Diatoms of Europe. *Eunotia* and some related genera. V. 6.
- Lange-Bertalot H., Genkal S.I.* 1999. Diatoms from Siberia. I: Islands in the Arctic Ocean (Yugorsky-Shar Strait) // *Iconographia Diatomologica*. V. 6.
- Levkov Z.* 2009. Diatoms of Europe. *Amphora* sensu lato. V. 5.
- Levkov Z., Metzeltin D., Pavlov A.* 2013. Diatoms of Europe. *Luticola, Luticolopsis*. V. 7.
- Pantle R., Buck H.* 1955. Biological monitoring of water bodies and the presentation of results // *Gas- und Wasserfach*. V. 96(18). P. 1–604.
- Reichardt E.* 1999. Zur revision der gattung *Gomphonema* // *Iconographia Diatomologica*. V. 8.
- Sladeček V.* 1973. System of water quality from the biological point of view // *Ergebnisse Limnologie*. Heft 7. P. 1–218.
- Sladeček V.* 1986. Diatoms as indicators of organic pollution // *Acta hydrochim. et hydrobiol.* V. 14(5). P. 555.

Diatom Algae of Waterbodies in the Subarctic Tundra

L. I. Kopyrina¹, S. I. Genkal^{2, *}, and P. A. Remigailo¹

¹*Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia*

²*Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, Russia*

*e-mail: genkal@ibiw.ru

For the first time, diatoms from small waterbodies of polygonal microrelief tundra on the Island of Tit-Ary (the Lower Reaches of the Lena River) are studied using scanning electron microscopy (SEM). A total of 160 taxa below the rank of genus from 48 genera, 25 families, 13 orders and 3 classes are found in phytoplankton, including 55 new for the flora of the Lena river basin, 46 new for Yakutia and 13 taxa identified only to the genus. The highest diversity of Bacillariophyta is recorded in a shallow lake at the north end of the island. More than 100 species and varieties of diatoms are detected there, including 29 new for the flora of Yakutia. *Achnantheidium minutissimum*, *Caloneis silicula*, *Cocconeis euglypta*, *C. pediculus*, *C. placentula*, *Cymbella artica*, *C. neocistula*, *Eunotia faba*, *E. praerupta*, *Gomphonema acuminatum*, *Hantzschia amphioxys*, *Navicula cryptocephala*, *Stauroneis anceps*, *Tabellaria fenestrata*, *T. flocculosa*, *Ulnaria ulna* and *Caloneis silicula* are found to be dominant in the waterbodies under study.

Keywords: Bacillariophyta, phytoplankton, island Tit-Ary, river Lena, Yakutia