

## Материалы к флоре Bacillariophyta водных экосистем бассейна реки Яраяха (полуостров Ямал)

С. И. ГЕНКАЛ<sup>1</sup>, М. И. ЯРУШИНА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН  
152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, Борок  
E-mail: genkal@ibiw.yaroslavl.ru

<sup>2</sup> Институт экологии растений и животных УРО РАН  
620144, Екатеринбург, ул. 8 марта, 202  
E-mail: nvl@ecology.uran.ru

Статья поступила 24.07.15

Принята к печати 26.11.15

### АННОТАЦИЯ

Изучение фитопланктона озер, соров, ручьев и рек бассейна р. Яраяха с помощью сканирующей электронной микроскопии позволило расширить таксономический спектр Bacillariophyta – выявлено 236 видовых и внутривидовых таксонов диатомовых водорослей из 63 родов. Зафиксировано 16 видов и разновидностей новых для флоры России, 30 форм из 18 родов определены только до рода. Максимальное видовое разнообразие отмечено в ручье в устье р. Яраяха (82) и русле р. Хурейхотарка (105). Наибольшее распространение в исследованных водоемах имеют *Cyclotella meneghiniana*, *Fragilaria exiguiformis*, *Navicula hanseatica*, *Neidium bisulcatum*, *Stauroneis anceps*, *Thalassiosira inserta*, *Tabellaria flocculosa*.

**Ключевые слова:** п-ов Ямал, бассейн р. Яраяха, фитопланктон, диатомовые водоросли, электронная микроскопия.

Изучение разнообразия всех компонентов биоты водных экосистем п-ова Ямал, в том числе диатомовых водорослей, особенно актуально в связи с возрастающим антропогенным воздействием, связанным с добычей углеводородного сырья. Отличаясь большим таксономическим разнообразием и создавая большую часть биомассы фитопланктона, диатомовые водоросли играют ведущую роль в структуре и функционировании

водных экосистем арктических тундр п-ова Ямал [Ярушина, 1990, 1991, 1995, 2012, 2014]. В связи с этим становится очевидной необходимость изучения диатомовых водорослей с помощью электронной микроскопии. Первая публикация, посвященная диатомовым водным экосистемам арктических тундр п-ова Ямал [Генкал, Ярушина, 2014], позволила выявить 214 таксонов из 50 родов, в том числе 126 новых для фло-

ры п-ова Ямал, из которых 19 – новые для России.

Литературные сведения о диатомовых водорослях планктона водных объектов бассейна р. Яраяхи немногочисленны [Ярушина, 2012, 2014]. Многолетние исследования фитопланктона водоемов и водотоков бассейна р. Яраяха позволили обобщить большой фактический материал, и из анализа полученных результатов следует, что обследованные водные экосистемы бассейна р. Яраяхи значительно различаются по флористическому обилию, таксономическому разнообразию, структуре доминирующих комплексов и продуктивности. По данным световой микроскопии в фитопланктоне изученных водных экосистем зафиксировано 198 видов, разновидностей и форм диатомовых водорослей из 36 родов, что составило свыше 46 % выявленной флоры. Самые высокие позиции в спектре семейств занимали Naviculaceae – 86 таксонов, Nitzschiaceae – 20, Fragilariaceae – 19, Symbellaceae – 16, Achnanthaceae – 12, Eunotiaceae – 10, на уровне родов – *Navicula* (43), *Nitzschia* (19), *Fragilaria* (16), *Pinnularia* (14), *Achnanthes* (12), *Eunotia*, *Gyrosigma* (по 10 таксонов). Наибольшим флористическим обилием отличались диатомовые водоросли водотоков: в реках выявлено 134 таксона рангом ниже рода, в ручьях – 110, в озерах – 63, сорах – 56 таксонов. Однако наибольший относительный вклад их в формирование альгофлор различных водных экосистем несколько отличался. В сорах он составлял около 63 %, несколько ниже в реках (56,3 %), а наименьший в озерах – 33,3 % от общей флоры.

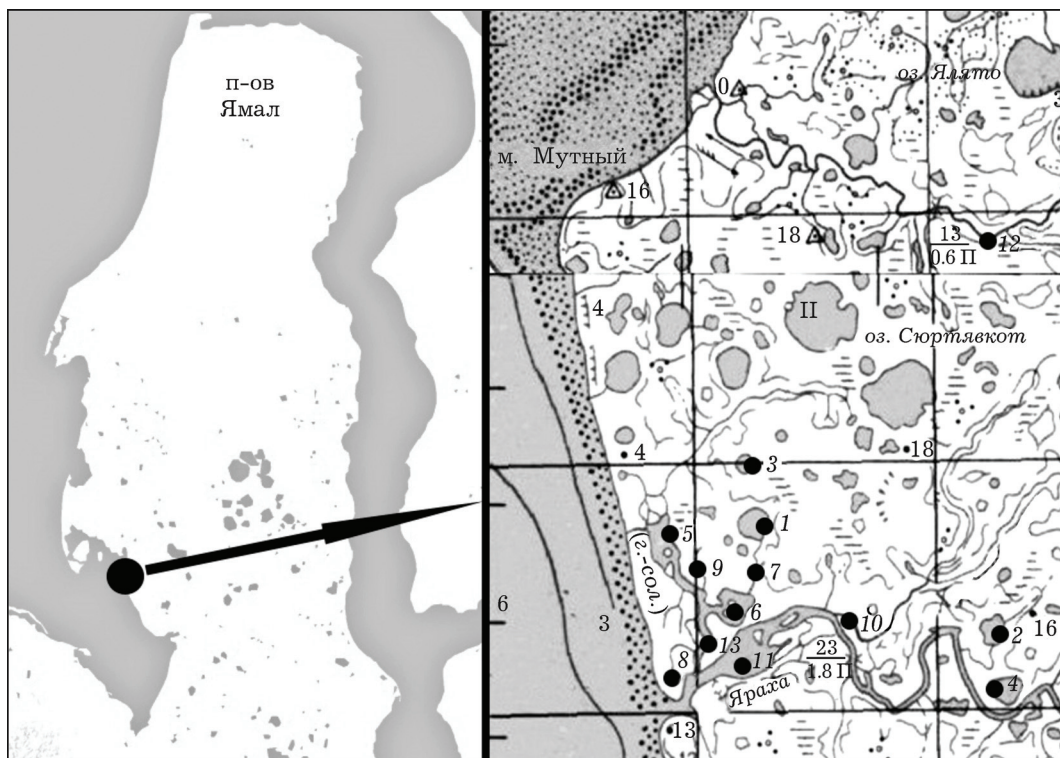
Цель настоящего исследования – уточнение видового состава отдела Bacillariophyta, доминирующего в водных экосистемах бассейна р. Яраяха с помощью методов электронной микроскопии и современной литературы.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Район исследований расположен в подзоне северных гипоарктических тундр западного Ямала в пределах 69°16'–69°18' с. ш. и 68°04'–68°9' в. д. Река Яраяха – небольшой водоток с равнинным характером течения, длиной 43 км, берущий начало в системе озер, расположенных в 30 км от побережья

Байдарацкой губы в подзоне северных гипоарктических тундр. Устье реки находится южнее мыса Мутный. Наиболее крупными притоками являются реки Нявтарка, Хурейхотарка, Мунгтарка, Харейтосё, Сяклядаяха. Река Яраяха протекает по однотипной местности, расположенной на низком приморском участке в подобласти верхнеплейстоценово-голоценовой прибрежно-морской и лайдовой аккумуляции, с перепадом высот от истоков до устья около 19 м [Лазуков, 1975]. Наличие многолетней мерзлоты обуславливает сильную заболоченность и заозеренность бассейна реки, тундровый водосбор, а также широкое распространение элементов криогенной морфоскульптуры – бугров пучения, полигональных грунтов, термокарстовых западин [Лазуков, 1975]. В верховьях реки встречаются участки со стремнинами, в низовьях появляются черты равнинного водотока с преобладанием участков с небольшими скоростями течения, обилием протяженных песчаных мелких плесов. Эстуарная зона реки имеет сложную структуру. Эстуарий представляет собой обширное мелководье с глубинами в отлив 5–10 см. Река Яраяха сильно меандрирует, коэффициент извилистости от 1,4 до 1,7, на отдельных участках до 2,3. Устье реки – сложная гидродинамическая система, функционирование которой зависит от направления ветров, величины приливов и водности реки и ее притоков. Она объединяет разнообразные биотопы с различными глубинами, переменной соленостью, направлениями течений, изменчивой водностью, различной температурой и прозрачностью воды. В устьевой зоне правобережного притока р. Нявтарка располагаются два безымянных мелководных эстуарных сора, условно нами названных “Верхний” и “Нижний”. Их наполнение происходит за счет приливно-отливных и стонно-нагонных течений [Лазуков, 1975].

Материалом послужили количественные пробы, собранные в июле – августе 2005, 2008, 2009 гг. сотрудниками Института экологии растений и животных УрО РАН в районе нижнего течения р. Яраяха (12 км приустьевой участок поймы реки, устьевая приливно-отливная и пресноводная зоны) в водоемах расположенных на водоразделе между реками Яраяха и Сабрявпензя (см. рису-



Карта-схема отбора альгологических проб в бассейне реки Яраяхи: 1 – оз. у “Компрессорной станции – КС”; 2 – оз. у “Вахтового поселка”; 3 – выше у “КС”; 4 – “оз. для водозабора”; 5 – сор “Верхний”; 6 – сор “Нижний”; 7 – ручей, вытекающий из оз. у “КС”; 8 – ручей в устье р. Яраяха; 9 – ручей, впадающий в р. Нявтарка между сорами; 10 – русло р. Хурейхотарка; 11 – р. Яраяха, устье; 12 – русло р. Сабрявпензя; 13 – русло р. Нявтарка

нок). Всего обследовано 13 водоемов: четыре безымянных термокарстовых пресноводных озера, четыре реки, устьевые зоны которых расположены в приливно-отливной зоне, три безымянных ручья и два безымянных эсту-

арных сора. Для диатомового анализа использовались интегральные пробы, которые содержали материал за все годы исследований, собранных на всех станциях в данном водотоке или водоеме (см. таблицу).

#### Некоторые характеристики водоемов района исследований

Станция	Координаты		рН		O <sub>2</sub> (ppm)		Температура, °С	
	с. ш.	в. д.	2009 г.	2011 г.	2009 г.	2011 г.	2009 г.	2011 г.
1	69°17'46,7"	68°06'55,1"	7,1	7,5	11,8	10,2	16,4	11,0
2	69°16'33,45"	68°13'10,03"	–	–	–	–	19,0	20,0
3	69°18'33,4"	68°06'24,0"	–	3,3	–	10,0	–	11,7
4	69°17'3,69"	68°12'43,93"	–	–	–	–	17,0	20,0
5	69°17'49,4"	68°04'35,9"	6,4	7,4	14,0	11,4	12,4	11,0
6	69°16'57,00"	68°5'28,95"	6,9	–	13,6	–	10,2	–
7	69°17'30,3"	68°06'35,2"	7,2	7,2	12,2	10,4	19,0	11,6
8	69°16'41,7"	68°04'47,88"	7,2	7,1	14,4	11,6	16,6	4,4
9	69°17'23,9"	68°05'19,5"	7,1	6,9	14,5	11,0	10,3	8,0
10	69°17'0,22"	68°9'57,46"	–	–	–	–	20	–
11	69°16'21,8"	68°10'10,1"	7,3	7,2	13,4	10,1	15,2	10,6
12	69°33'9,9"	68°21'17,7"	–	–	–	–	–	–
13	69°16'50,14"	68°6'6,12"	6,9	–	13,7	–	10,4	12

Освобождение створок диатомей от органического вещества проводили методом холодного сжигания [Балонов, 1975]. Приготовленные препараты исследовали в сканирующем электронном микроскопе JSM-25S в ЦКП электронной микроскопии Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования выявили 236 видов и внутривидовых таксонов диатомовых водорослей из 63 родов: *Achnanthes semiaperta* Hustedt (1, 10 – здесь и далее указаны номера станций), *Achnantheidium* cf. *linearoides* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot (3), *A. minutissimum* (Kützing) Czarnecki (3), *Adlafia* cf. *aquaeductae* (Krasske) Moser, Lange-Bertalot et Metzeltin (3), *Amphora* cf. *copulata* (Kützing) Schoeman et Archibald (10), *A. obtusa* Gregory (3), *A. species 1* (3), *A. species 2* (6), *Aulacoseira alpigena* (Grunow) Krammer (7), *A. ambigua* (Grunow) Simonsen (5, 7, 8, 10), *A. granulata* (Ehrenberg) Simonsen (10), *A. islandica* (O. Müller) Simonsen (2), *A. cf. septentrionalis* (Camburn et Charles) Genkal et Kulikovskiy (10), *A. species 7*, *A. subarctica* (O. Müller) Haworth emend. Genkal (4, 7), *Brachysira wygaschii* Lange-Bertalot (10), *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve var. *amphisbaena* (10), *C. amphisbaena* var. *subsalina* (Donkin) Cleve (10), *C. silicula* (Ehrenberg) Cleve (7, 12), *Cavinula cocconeiformis* (Gregory) D. G. Mann et Stickle (1, 7), *C. pseudoscutiformis* (Hustedt) D. G. Mann et Stickle (1, 7), *C. scutiformis* (Grunow) Mann et Stickle (5), *C. species 7*, *Chamaepinnularia circumborealis* (10, 11, 12), *C. species 10*, *Craticula* cf. *buderi* (Hustedt) Lange-Bertalot (5), *Ctenophora pulchella* (Ralfs ex Kützing) Williams et Round (5, 10), *Cyclostephanos dubius* (Fricke) Round (3), *Cyclotella meduanae* Germain emend. Genkal (10, 12), *C. meneghiniana* Kützing (1, 3, 8, 10, 11), *Cymbopleura naviculiformis* (Anerswald) Krammer (4), *C. peranglica* Krammer (7, 12), *C. subcuspidata* (Krammer) Krammer (1, 7, 12), *Diatoma mesodon* (Ehrenberg) Kützing (10), *D. moniliformis* Kützing (7), *Diploneis* cf. *alpina* Meister (6), *D. elliptica* (Kützing) Cleve (10), *D. parma* Cleve (5), *D. species 1* (6, 10), *D. species 2* (10),

*Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk et Klee (11), *D. stelligera* (Cleve et Grunow) Houk et Klee (7), *Encyonema* cf. *alpinum* (Grunow) D. G. Mann (7), *E. elginense* (Krammer) D. G. Mann (7), *E. pergracile* Krammer (7), *E. silesiacum* (Bleisch) D. G. Mann (4), *E. species 10*, *E. vulgare* Krammer (7), *Entomoneis palidosa* (W. Smith) Reimer (10), *Eunotia ambivalensis* Lange-Bertalot et Tagliaventi (7), *E. boreoalpina* Lange-Bertalot et Nörpel-Schempp (7), *E. boreotenuis* Nörpel-Schempp et Lange-Bertalot (1, 4), *E. faba* Ehrenberg (7, 10), *E. incisadistans* Lange-Bertalot (7), *E. islandica* Oestrup (7), *E. muciphola* (Lange-Bertalot, Nörpel et Alles) Lange-Bertalot (4), *E. obtusinasuta* Lange-Bertalot (10), *E. palatina* Lange-Bertalot et Krüger (4), *E. papiliofalsa* Lange-Bertalot (7), *E. paralleladubia* Lange-Bertalot et Mayama (7), *E. satelles* (Nörpel-Schempp et Lange-Bertalot) Nörpel-Schempp et Lange-Bertalot (4), *E. triodon* Ehrenberg (4), *E. ursamaioris* Lange-Bertalot et Nörpel-Schempp (1, 4), *Fallacia forcipata* Greville (6, 8, 11, 13), *F. pygmaea* (Kützing) A. J. Stickle et D. G. Mann (5, 6, 10), *F. tenera* (Hustedt) Mann (10), *Fragilaria constricta* (Ehrenberg) Williams et Round (4, 7), *F. exiguiiformis* Lange-Bertalot (1, 4, 7, 10, 11), *F. rumpens* (Kützing) Carlson (7), *F. species 1* (10), *F. species 2* (10), *F. vaucheriae* (Kützing) Petersen (7, 10), *F. virescens* (Ralfs) Williams et Round (1, 4, 7), *Fragilariforma* cf. *nitzschoides* (Grunow) Lange-Bertalot (5), *Frustulia crassinervia* (Brebisson) Lange-Bertalot et Krammer (7), *F. lange-bertalot* Metzeltin (10), *F. saxonica* Rabenhorst (1, 5), *Genkalia digituloides* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot et Kulikovskiy (7), *Gomphonema micropus* Kützing (12), *G. species 10*, *G. trincatum* Ehrenberg (7), *Gyrosigma balticum* (Ehrenberg) Rabenhorst (9), *G. obscurum* (W. Smith) Griffith et Henfrey (6), *G. parkerii* (Harrison) Elmore (3), *G. wansbeckii* (Donkin) Cleve (9), *Halamphora acutiuscula* (Kützing) Levkov (10), *Handmannia bodanica* (Eulenstein) Kociolek et Khursevich (4), *Hannaea arcus* (Ehrenberg) Patrick (7), *Haslea spicula* (Hickie) Lange-Bertalot (10), *Hippodonta capitata* (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski (3, 11), *H. costulata* (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski (7), *H. coxiae* Lange-Bertalot (7, 11), *H. cf. pseudopinnularia* Lange-Bertalot (7), *H. subcostulata* (Hustedt) Lange-Bertalot, Met-

zeltin et Witkowski (10), *Kobayasiella sibtilis-sima* (Cleve) Lange-Bertalot (4), *Luticola mutica* (Kützing) D. G. Mann (10), *L. species* (10), *Martyana atomys* (Hustedt) Snoeijs (3, 10), *Melosira dickiei* (Thwaites) Kützing (10), *M. nummuloides* Agardh (10), *M. varians* Agardh (7, 10), *Navicula cf. angusta* Grunow (10), *N. bjoer-noeyaensis* Metzeltin, Witkowski et Lange-Bertalot (6), *N. bottnica* Grunow (8, 9), *N. cf. cater-va* Hohn et Hellerman (6), *N. cincta* (Ehrenberg) Ralfs (10), *N. cf. eidrigiana* Carter (10), *N. exilis* Kützing (10), *N. frigidicola* Metzeltin, Lange-Bertalot et Nergui (3, 10), *N. digitoradiata* (Gregory) Ralfs (10, 11), *N. cf. digitoconvergens* Lange-Bertalot (6), *N. flanatica* Grunow (11), *N. gregaria* Donkin (3, 5, 10, 11), *N. hanseatica* Lange-Bertalot et Stachura (5, 6, 7, 8, 10), *N. iserentantii* Lange-Bertalot et Witkowski (7, 9, 10, 11), *N. lanceolata* (Agardh) Ehrenberg (3), *N. margalithii* Lange-Bertalot (5, 10, 12), *N. oligotraphenta* Lange-Bertalot et Hofmann (10), *N. peregrina* (Ehrenberg) Kützing (10), *N. perminuta* Grunow (5, 10), *N. rhynhocephala* Kützing (3, 10, 11, 12), *N. salinarum* Grunow (5, 6, 10, 11), *N. slesvicensis* Grunow (10, 11), *N. species 1* (10), *N. species 2* (6), *N. species 3* (11), *N. species 4* (10), *N. vaneei* Lange-Bertalot (10), *N. veneta* Kützing (10, 11), *N. venerabilis* Hohn et Hellerman (10), *N. cf. viridula* Kützing (7), *N. viridulacalsis* Lange-Bertalot (7, 11), *Naviculadicta eloranta* Lange-Bertalot (7), *N. vitabunda* (Hustedt) Lange-Bertalot (10), *Neidium affine* (Ehrenberg) Pfister var. *affine* (1, 3), *N. affine* var. *longiceps* (Gregory) Cleve (1), *N. ampliatum* (Ehrenberg) Krammer (10), *N. bisulcatum* (Lagerstedt) Cleve var. *bisulcatum* (1, 2, 3, 4, 7, 10, 12), *N. bisulcatum* var. *sub-ampliatum* Krammer (2), *N. hitchcockii* (Ehrenberg) Cleve (7), *N. iridis* (Ehrenberg) Cleve (3, 7, 10), *N. species (1)*, *Nitzschia alpina* Hustedt (7), *N. clausii* Hantzsch (10), *N. draveillensis* Coste et Ricard (7), *N. filiformis* (W. Smith) V. Heurck (7), *N. frustulum* (Kützing) Grunow (7), *N. gracilis* Hantzsch (10), *N. inconspicua* Grunow (10), *N. levidensis* (W. Smith) Grunow (6, 7, 10, 11), *N. cf. littoralis* Grunow (7), *N. marginulata* Grunow (6), *N. palea* (Kützing) W. Smith (7, 10), *N. cf. radícula* Hustedt (10), *N. cf. sigma* (Kützing) W. Smith (5, 10), *N. unbonata* (Ehrenberg) Lange-Bertalot (7), *N. cf. vermicularis* (Kützing) Hantzsch (10), *Nupela impexa* Lange-Bertalot (1, 7), *N. silvahercynica*

(Lange-Bertalot) Lange-Bertalot (10), (?)*N. species* (6), *Opephora olsenii* Möller (4, 10), *Parlibellus crucicula* (W. Smith) Witkowski, Lange-Bertalot et Metzeltin (6, 9, 10), *P. cf. plicatus* (Donkin) Cox (10), *P. protracta* (Grunow) Witkowski, Lange-Bertalot et Metzeltin (7, 10), *P. species 1* (2), *P. species 2* (10), *Pinnuavis elegans* (W. Smith) Okuno (10), *Pinnularia anglica* Krammer (2, 4, 7, 12), *P. borealis* var. *sublinearis* Krammer (11), *P. brebissonii* (Kützing) Rabenhorst (4), *P. eifelana* Krammer (7), *P. frequentis* Krammer (1), *P. cf. globiceps* var. *linearis* Krammer (7), *P. grunowii* Krammer (1, 4), *P. intermedia* (Lagerstedt) Cleve (1), *P. julma* Krammer et Metzeltin (5, 7), *P. microstauron* var. *nonfasciata* Krammer (7), *P. nobilis* var. *regularis* Krammer (10), *P. nodosa* (Ehrenberg) W. Smith var. *nodosa* (7), *P. nodosa* var. *percapitata* Krammer (7), *P. oriundiformis* Krammer (3), *P. cf. perspicua* Krammer (12), *P. renata* Krammer (1, 7, 9, 10), *P. rupestris* Hantzsch (4), *P. septentrionalis* Krammer (10), *P. sinistra* Krammer (4, 7, 8), *P. species 1* (7), *P. species 2* (7), *P. species 3* (4), *Placoneis clementis* (Grunow) Cox (3, 10), *P. clementoides* (Hustedt) Cox (10), *P. elginensis* (Grunow) Cox (10, 11), *Planothidium biporum* (Hohn et Hellerman) Lange-Bertalot (12), *P. delicatulum* (Kützing) Round et Bukhtiyarova (3, 10), *P. frequentissimum* (Lange-Bertalot) Round et Bukhtiyarova (7), *P. granum* (Hohn et Hellerman) Lange-Bertalot (3, 10), *P. hauckianum* (Grunow) Round et Bukhtiyarova (6, 10), *Platessa holsatica* (Hustedt) Lange-Bertalot (7), *Psammothidium daonense* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot (1, 4, 7, 10), *P. grischunum* (Wuthrich) Bukhtiyarova et Round (1, 7), *P. helveticum* (Hustedt) Bukhtiyarova et Round (1, 4), *P. levanderi* (Hustedt) Czarnecki (4, 6, 7), *P. rechtense* (Leclercq) Lange-Bertalot (7), *P. subatomoides* (Hustedt) Bukhtiyarova et Round (4, 7), *P. ventrale* (Kraske) Bukhtiyarova et Round (4, 7), *Pseudogomphonema species* (9), *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O. Müller (4), *Rhossithidium petersenii* (Hustedt) Round et Bukhtiyarova (7), *R. pusillum* (Grunow) Round et Bukhtiyarova (7), *Sellaphora bacillum* (Ehrenberg) D. G. Mann (11), *S. pseudonana* Hamilton et Antoniadis (7), *S. pupula* (Kützing) Mereschovsky (7, 10, 12), *Stauroneis anceps* Ehrenberg (1, 4, 7, 10, 11, 12), *S. gracilis* Ehrenberg (7), *S. legumen* (Ehrenberg) Kützing (1, 4),

*S. prominula* (Grunow) Hustedt (10), *S. species* 1 (1, 7), *S. species* 2 (10), *S. species* 3 (10), *Staurophora amphioxys* (Gregory) Mann (6), *S. salina* (W. Smith) Mereschkowsky (10), *Staurosira elliptica* (Schumann) Williams et Round (7, 10), *Staurosirella pinnata* (Ehrenberg) Williams et Round (10), *S. rhomboides* (Grunow) Morales et Manoylev (7), *Stephanodiscus delicatus* Genkal (7), *S. invisitatus* Hohn et Hellerman (3), *S. cf. neoastreae* Håkansson et Hickel emend. Casper, Seheffler et Augsten (10, 11), *Surirella brebissonii* Krammer (10), *S. crumena* Brébisson ex Kützing (10), *S. linearis* W. Smith (10), *S. species* 1 (6), *S. species* 2 (11), *S. species* 3 (10), *Thalassiosira incerta* Makarova (6, 8, 10, 11, 12), *T. species* (6), *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing (1, 4, 5, 7, 10, 12), *Tabularia fasciculata* (C. Agardh) Williams et Round (6, 10, 11, 13), *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compere (10). Ниже приводятся краткие диагнозы, синонимика, данные по экологии и распространению с иллюстрациями редких и новых видов для флоры России (\*), включая 30 форм, определенных только до рода.

\**Achnantheidium cf. linearioide* Lange-Bertalot (табл. I, 1). – *Achnanthes lineariformis* Lange-Bertalot, *A. linearioides* Lange-Bertalot. Створка длиной 25 мкм, шириной 5,5 мкм, штрихов 23 в 10 мкм.

\**Adlafia cf. aqueductae* (Krasske) Moser, Lange-Bertalot et Metzeltin (см. табл. I, 2). – *Navicula pseudopupula* var. *aquaeductae* Krasske, *N. aquaeductae* (Krasske) Krasske, *N. bryophila* var. *aquaeductae* (Krasske) Lange-Bertalot. Створки длиной 14,5–15,4 мкм, шириной 3,6–4,0 мкм, штрихов 30–32 в 10 мкм, ареол 50–60 в 10 мкм.

Европа, аэрофил [Lange-Bertalot, 2001].

*Amphora obtusa* Gregory (см. табл. I, 3). – *Amphora obtusa* f. *distinguenda* Proshkina-Lavrenko. Створка длиной 64 мкм, шириной 16,7 мкм.

Широкобореальный вид, полигалоб, алкалифил [Гусляков и др., 1992].

*Amphora species* 1 (см. табл. I, 4). Створка длиной 30 мкм, шириной 10 мкм, штрихов 14 в 10 мкм.

(?)*Amphora species* 2 (см. табл. I, 5). Створка длиной 69 мкм, шириной 11 мкм, штрихов 18 в 10 мкм.

*Aulacoseira species* (см. табл. I, 6). Створки диаметром 16,7 мкм, высотой 5,5 мкм, рядов ареол 16 в 10 мкм, ареол в 10 мкм ряда 14.

\**Brachysira wygaschii* Lange-Bertalot (см. табл. I, 7). Створка длиной 54,3 мкм, шириной 11,4 мкм, штрихов 20 в 10 мкм.

*Cavinula species* (см. табл. I, 8). Створка длиной 14,5 мкм, шириной 6,8 мкм, штрихов 25 в 10 мкм.

(?)*Chamaepinnularia species* (см. табл. I, 9). Створка длиной 18,2 мкм, шириной 5 мкм, штрихов 20 в 10 мкм.

\**Craticula cf. buderi* (Hustedt) Lange-Bertalot (см. табл. I, 10). – *Navicula buderi* Hustedt, *N. pseudohalophila*, *N. adsidua* Archibald. Створка длиной 31 мкм, шириной 7,8 мкм, штрихов 12 в 10 мкм, ареол 27 в 10 мкм.

Космополит, часто в соленых водоемах, в пресных с высоким содержанием солей [Lange-Bertalot, 2001].

*Diploneis species* (см. табл. I, 11). Створки длиной 24,3–27,0 мкм, шириной 11,4–12,0 мкм, штрихов 19–20 в 10 мкм.

*Diploneis species* 2 (см. табл. I, 12). Створка длиной 82 мкм, шириной 29 мкм, штрихов 10 в 10 мкм.

*Encyonema species* (см. табл. I, 13). Створка длиной 31 мкм, шириной 7,2 мкм, штрихов 9 в 10 мкм, ареол 30 в 10 мкм.

*Eunotia obtusiuscula* Lange-Bertalot (табл. II, 1). Створка длиной 16,8 мкм, шириной 5,4 мкм, штрихов 14 в 10 мкм.

Европа, предпочитает олиготрофные воды [Lange-Bertalot et al., 2011].

*Eunotia palatina* Lange-Bertalot et Kruger (см. табл. II, 2). Створка длиной 21,4 мкм, шириной 4,6 мкм, штрихов 18 в 10 мкм.

Европа, Северная Америка, аэрофил, предпочитает олиготрофные воды [Lange-Bertalot et al., 2011].

*Eunotia papiliofalsa* Lange-Bertalot (см. табл. II, 3). Створка длиной 18,6 мкм, шириной 6,4 мкм, штрихов 12 в 10 мкм.

*Fragilaria species* 1 (см. табл. II, 4). Створка длиной 16,3 мкм, шириной 3,6 мкм, штрихов 18 в 10 мкм.

*Fragilaria species* 2 (см. табл. II, 5). Створка длиной 21,4 мкм, шириной 4,6 мкм, штрихов 16 в 10 мкм.

*Gomphonema species* (см. табл. II, 6). Створка длиной 21 мкм, шириной 4,6 мкм, штрихов 14 в 10 мкм.

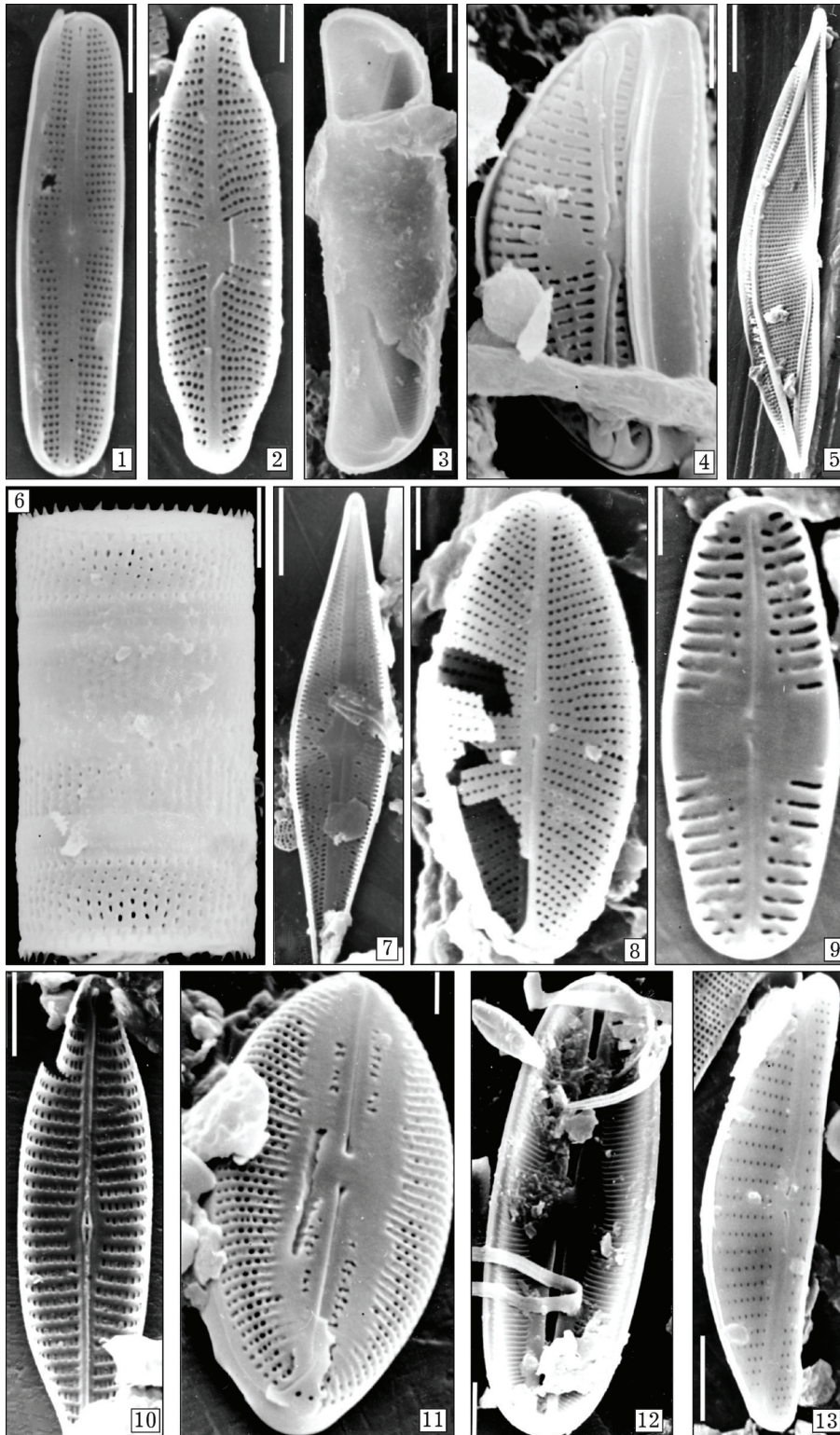


Таблица I. Электронные микрофотографии (СЭМ). 1 – *Achnanthidium* cf. *linearoides*; 2 – *Adlafia* cf. *aquaeductae*; 3 – *Amphora obtusa*; 4 – *Amphora* species 1; 5 – *A.* species 2; 6 – *Aulacoseira* species; 7 – *Brachysira wygaschii*; 8 – *Cavinula* species; 9 – ?*Chamaepinnularia* species; 10 – *Craticula* cf. *buderi*; 11 – *Diploneis* species 1; 12 – *D.* species 2; 13 – *Encyonema* species. 1, 2, 4–6, 8, 11, 13 – створки с наружной поверхности; 3, 7, 9, 10, 12 – створки с внутренней поверхности. Масштаб: 1, 4, 6, 10, 13 – 5 мкм; 2, 8, 9, 11 – 2 мкм; 3, 5, 7, 12 – 10 мкм

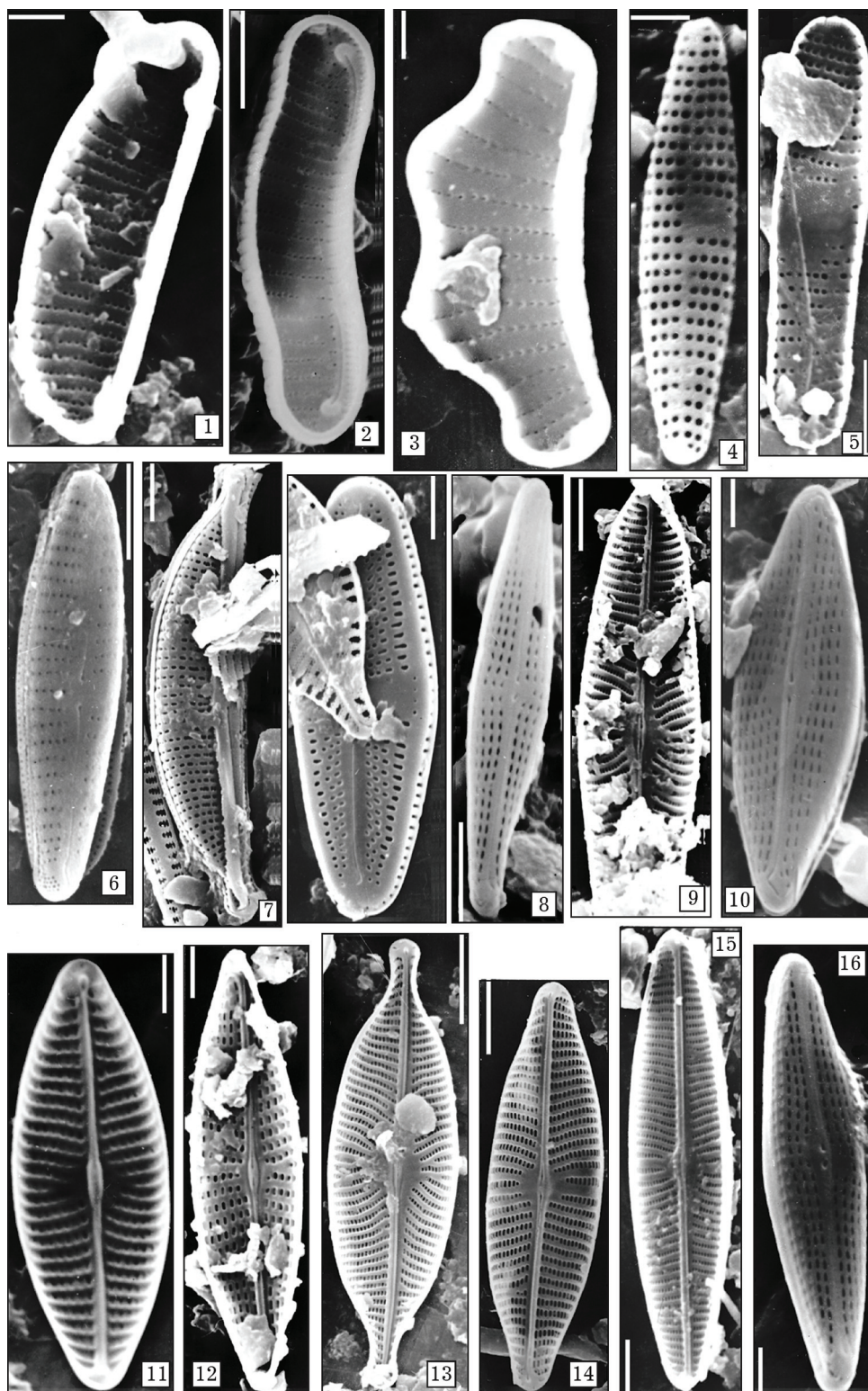


Таблица II. Электронные микрофотографии (СЭМ). 1 – *Eunotia obtusinasuta*; 2 – *E. palatina*; 3 – *E. piliofalsa*; 4 – *Fragilaria* species 1; *F.* species 2; 6 – *Gomphonema* species; 7 – *Halamphora acutiusscula*; 8 – *Luticola* species; 9 – *Navicula bjoernoeyensis*; 10 – *N. bottnica*; 11, 12 – *N. cf. caterva*; 13 – *N. flavanica*; 14 – *N. frigidicola*; 15 – *N. iserentantii*; 16 – *N.* species 1; 17 – *N.* species 2. 1–3, 5, 10, 12–16 – створки с внутренней поверхности; 4, 6–9, 11, 17 – створки с наружной поверхности. Масштаб: 1, 3, 4, 11, 12, 17 – 2 мкм; 2, 5–9, 13 – 5 мкм; 10, 14–16 – 10 мкм



*Luticola* species (см. табл. II, 7). Створка длиной 33 мкм, шириной 11 мкм, штрихов 14 в 10 мкм.

*Navicula bjoernoeyaensis* Metzeltin, Witkowski et Lange-Bertalot (см. табл. II, 8). Створка длиной 21,4 мкм, шириной 3,9 мкм, штрихов 16 в 10 мкм, линеол 30 в 10 мкм.

Медвежий остров, Исландия, Сибирь [Lange-Bertalot, 2001].

\**Navicula bottnica* Grunow (см. табл. II, 9). – *Schizonema smithii* C. Agardh, *Navicula smithii* (Agardh) V. Heurck. Створка длиной 70 мкм, шириной 14,3 мкм, штрихов 8 в 10 мкм, линеол 30 в 10 мкм.

Вероятно, космополит, холодные моря Северного полушария [Lange-Bertalot, 2001].

\**Navicula* cf. *caterva* Hohn et Hellerman (см. табл. II, 10, 11). Створки длиной 14,5–16,8 мкм, шириной 5 мкм, штрихов 17–22 в 10 мкм, линеол 42–45 в 10 мкм.

Северная Америка, Европа, в воде с высоким содержанием солей [Lange-Bertalot, 2001].

\**Navicula flantica* Grunow (см. табл. II, 12). Створка длиной 40 мкм, шириной 10 мкм, штрихов 8 в 10 мкм, линеол 20 в 10 мкм.

Европа, солоноватые воды [Lange-Bertalot, 2001].

\**Navicula frigidicola* Metzeltin, Lange-Bertalot et Nergui (см. табл. II, 13). Створка длиной 48,6 мкм, шириной 14,3 мкм, штрихов 9 в 10 мкм, линеол 30 в 10 мкм.

\**Navicula iserentantii* Lange-Bertalot et Witkowski (см. табл. II, 14). Створки длиной 54,3–78 мкм, шириной 14,3–17 мкм, штрихов 6–7 в 10 мкм, линеол 20–25 в 10 мкм.

Европа, солоноватые воды [Lange-Bertalot, 2001].

*Navicula* species 1 (см. табл. II, 15). Створка длиной 79 мкм, шириной 17,6 мкм, штрихов 6 в 10 мкм.

*Navicula* species 2 (см. табл. II, 16). Створка длиной 18,2 мкм, шириной 4,5 мкм, штрихов 20 в 10 мкм, линеол 43 в 10 мкм.

*Navicula* species 3 (табл. III, 1). Створка длиной 41 мкм, шириной 8,1 мкм, штрихов 7 в 10 мкм, линеол 22 в 10 мкм.

*Navicula* species 4 (см. табл. III, 2). Створка длиной 42 мкм, шириной 8,8 мкм, штрихов 7 в 10 мкм, линеол 30 в 10 мкм.

*Neidium* species (см. табл. III, 3). Створка длиной 44,22 мкм, шириной 17 мкм, штрихов 15 в 10 мкм, ареол 27 в 10 мкм.

(?)*Nupela* species (см. табл. III, 4). Створка длиной 31 мкм, шириной 7,8 мкм, штрихов 18 в 10 мкм.

\**Parlibellus* cf. *plicatus* (Donkon) Cox (см. табл. III, 5). – *Navicula plicata* Donkin. Створка длиной 51 мкм, шириной 12,8 мкм, штрихов 11 в 10 мкм.

Европа, соленые и солоноватые воды [Krammer, Lange-Bertalot, 1986].

*Parlibellus* species 1 (см. табл. III, 6). Створка длиной 25 мкм, шириной 5,7 мкм, штрихов 26 в 10 мкм.

*Parlibellus* species 2 (см. табл. III, 7). Створка длиной 42 мкм, шириной 7,2 мкм, штрихов 18 в 10 мкм.

*Pinnuavis elegans* (W. Smith) Okuno (см. табл. III, 8, 9). – *Navicula elegans* W. Smith, *N. elegans* var. *cuspidata* Cleve. Створки длиной 69–88 мкм, шириной 26,0–30,6 мкм, штрихов 7–9 в 10 мкм.

Моря с пониженной соленостью, Амурский лиман, эстуарий р. Лены, мезогалоб [Определитель..., 1951].

\**Pinnularia frequentis* Krammer (табл. III, 10). Створка длиной 38 мкм, шириной 11,6 мкм, штрихов 10 в 10 мкм.

Европа, олиготрофно-мезотрофные воды [Krammer, 2000].

\**Pinnularia* cf. *globiceps* var. *linearis* Krammer (см. табл. III, 11). Створка длиной 40 мкм, шириной 12,2 мкм, штрихов 12 в 10 мкм.

Европа, предпочитает мезотрофные воды [Krammer, 2000].

\**Pinnularia* cf. *julma* Krammer et Metzeltin (см. табл. III, 12). Створка длиной 44,4 мкм, шириной 9,4 мкм, штрихов 16 в 10 мкм.

Финляндия [Krammer, 2000].

\**Pinnularia microstauron* var. *nonfasciata* Krammer (см. табл. III, 13). Створка длиной 38,9 мкм, шириной 12 мкм, штрихов 10 в 10 мкм.

Космополит, предпочитает олиготрофные воды [Krammer, 2000].

\**Pinnularia* cf. *perspicua* Krammer (см. табл. III, 14). Створка длиной 85 мкм, шириной 16 мкм, штрихов 8 в 10 мкм.

Европа [Krammer, 2000].

*Pinnularia* species 1 (см. табл. III, 15). Створка длиной 78 мкм, шириной 15 мкм, штрихов 8 в 10 мкм.

*Pinnularia* species 2 (см. табл. III, 16; IV, 1). Створки длиной 69–73 мкм, шириной 13,3–16,6 мкм, штрихов 8 в 10 мкм.

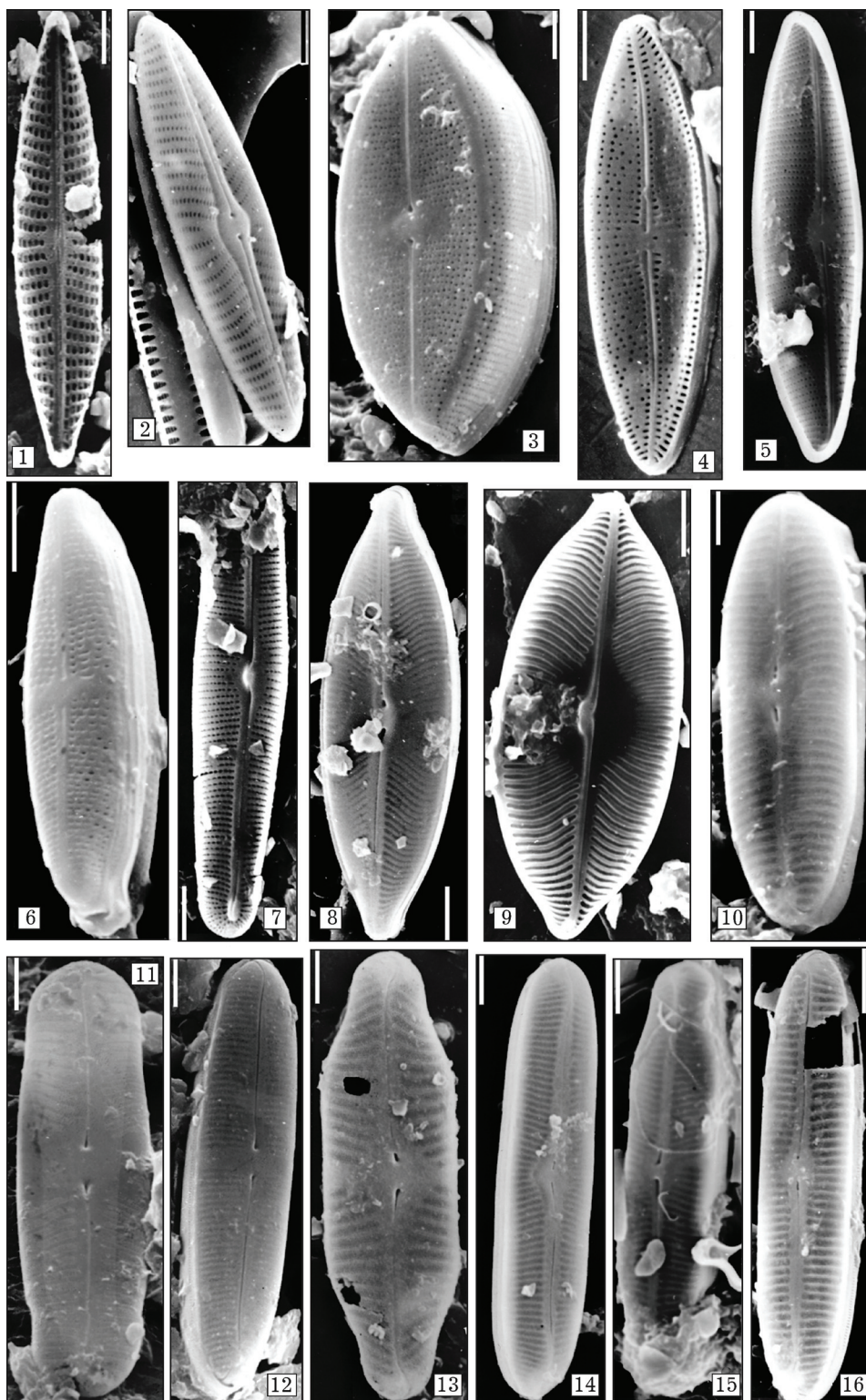


Таблица III. Электронные микрофотографии (СЭМ). 1 – *Navicula* species 3; 2 – *N.* species 2; 3 – *Neidium* species; 4 – (?)*Nupela* species; 5 – *Parlibellus* cf. *plucatus*; 6 – *P.* species 1; 7 – *P.* species 2; 8, 9 – *Pinnuavis elegans*; 10 – *Pinnularia frequentis*; 11 – *P.* cf. *globiceps* var. *linearis*; 12 – *P.* cf. *julma*; 13 – *P. microstauron* var. *nonfasciata*; 14 – *P. perspicua*; 15 – *P.* species 1; 16 – *P.* species 2. 1, 5, 7, 9 – створки с внутренней поверхности; 2–4, 6, 8, 10–16 – створки с наружной поверхности. Масштаб: 1–7, 10–13 – 5 мкм; 8, 9, 14–16 – 10 мкм

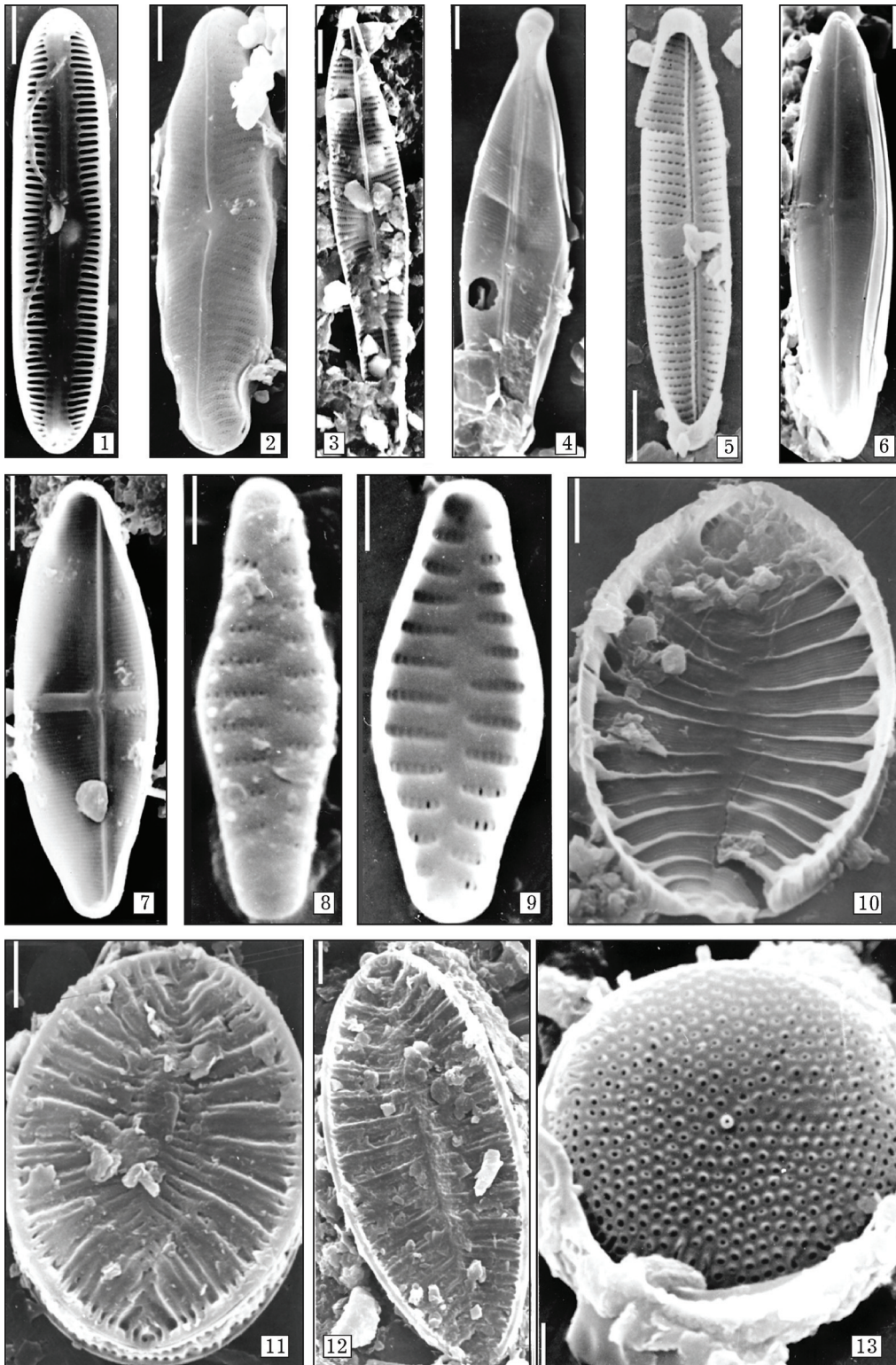


Таблица IV. Электронные микрофотографии (СЭМ). 1 – *Pinnularia* species 2; 2 – *P.* species 3; 3 – *Pseudogomphonema* species; 4 – *Stauroneis* species 1; 5 – (?)*Stauroneis* species 2; 6 – *Stauroforma amphioxys*; 7 – *S. salina*; 8, 9 – *Staurosirella rhomboides*; 10 – *Surirella* species 1; 11 – *S.* species 2; 12 – *S.* species 3; 13 – *Thalassiosira* species. 1, 3, 5, 7, 9, 10 – створки с внутренней поверхности; 2, 4, 6, 8, 11–13 – створки с наружной поверхности. Масштаб: 1, 3, 6, 7, 10 – 10 мкм; 2, 4, 5, 11, 12 – 5 мкм; 8, 9, 13 – 2 мкм

*Pinnularia* species 3 (табл. IV, 2). Створка длиной 40 мкм, шириной 10 мкм, штрихов 11 в 10 мкм.

*Pseudogomphonema* species (см. табл. IV, 3). Створка длиной 100 мкм, шириной 14,7 мкм, штрихов 6 в 10 мкм.

*Stauroneis* species 1 (см. табл. IV, 4). Створка длиной 52,8 мкм, шириной 11,4 мкм, штрихов 30 в 10 мкм.

? *Stauroneis* species 2 (см. табл. IV, 5). Створка длиной 32,2 мкм, шириной 5,5 мкм, штрихов 14 в 10 мкм.

\**Staurophora amphioxys* (Gregory) Mann (см. табл. IV, 6). – *Stauroneis amphioxys* Gregory. Створка длиной 100 мкм, шириной 20 мкм, штрихов 14 в 10 мкм.

*Staurophora salina* (W. Smith) Mereschkowsky (см. табл. IV, 7). – *Stauroneis salina* W. Smith. Створка длиной 58 мкм, шириной 18 мкм, штрихов 17 в 10 мкм.

Моря с пониженной соленостью, соленые озера Барабинской степи, солоноватоводно-морской вид [Определитель..., 1951].

\**Staurosirella rhomboides* (Grunow) Morales et Manoylev (см. табл. IV, 8, 9). – *Fragilaria harrizonii* var. *rhomboides* Grunow, *F. leptostauron* var. *rhomboides* (Grunow) Hustedt, *Staurosirella leptostauron* var. *rhomboides* (Grunow) Bukhtiyarova. Створки длиной 12,2–12,3 мкм, шириной 3,9–4,5 мкм, штрихов 11–12 в 10 мкм.

*Surirella* species 1 (см. табл. IV, 10). Створка длиной 73 мкм, шириной 53 мкм, ребер 3 в 10 мкм.

*Surirella* species 2 (см. табл. IV, 11). Створка длиной 30 мкм, шириной 22 мкм, ребер 4 в 10 мкм.

*Surirella* species 3 (см. табл. IV, 12). Створка длиной 50 мкм, шириной 20 мкм, ребер 3,5 в 10 мкм.

*Thalassiosira* species (см. табл. IV, 13). Створка диаметром 15,7 мкм, краевых выростов 3 в 10 мкм.

Настоящее исследование позволило выявить большее число таксонов на родовом (63), видовом и внутривидовом уровне (236) по сравнению с литературными данными (36 и 198 соответственно) [Ярушина, 2012, 2013]. Согласно проведенным ранее свето-микроскопическим исследованиям планктона водных объектов бассейна р. Яраяхи, наиболь-

шим флористическим разнообразием отличались диатомовые водоросли водотоков: в реках выявлено 134 таксона рангом ниже рода, в ручьях – 110, в озерах – 63, сорах – 56 таксонов, и наиболее насыщенными в таксономическом плане выделялись роды *Fragilaria* (16 таксонов), *Nitzschia* (19) и *Navicula* (43) [Ярушина, 2012, 2013]. В нашем исследовании мы выявили сходную картину: в реках зафиксирован 121 таксон видового и внутривидового ранга, в ручьях – 92, в озерах – 67, в сорах – 36. Наибольшее видовое разнообразие отмечено в ручье в устье р. Яраяха (82) и русле р. Хурейхотарка (105). В плане таксономической насыщенности родов мы получили сходную с литературными данными картину: *Fragilaria* s.l. – 12 таксонов, *Eunotia* – 14, *Nitzschia* – 15, *Achnanthes* s.l. – 18, *Navicula* s.l. – 69. По нашим данным, максимальная частота встречаемости во всех исследованных водоемах и водотоках отмечена для *Cyclotella meneghiniana*, *Fragilaria exiguiformis*, *Navicula hanseatica*, *Neidium bisulcatum*, *Stauroneis anceps*, *Thalassiosira inserta*, *Tabellaria flocculosa*.

Из новых для флоры России (16) часть характерна для северных олиготрофных водоемов, и ряд видов относится к солоноватоводным или морским, что обусловлено наличием биотопов с повышенной соленостью. Значительное количество форм (30) определены только до рода (*Amphora* – 2, *Aulacoseira* – 1, *Cavinula* – 1, *Chamaepinnularia* – 1, *Diploneis* – 2, *Encyonema* – 1, *Fragilaria* – 2, *Gomphonema* – 1, *Luticola* – 1, *Navicula* – 4, *Neidium* – 1, *Nupela* – 1, *Parlibellus* – 2, *Pinnularia* – 3, *Pseudogomphonema* – 1, *Stauroneis* – 2, *Surirella* – 3, *Thalassiosira* – 1), что свидетельствует о необходимости дальнейших исследований альгофлоры этого региона.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение фитопланктона водоемов и водотоков бассейна р. Яраяха с помощью сканирующей электронной микроскопии выявило 236 видовых и внутривидовых таксонов *Vacillariophyta* диатомовых водорослей из 63 родов, в том числе 16 новых для флоры России. Максимальное видовое разнообразие отмечено в ручье в устье р. Яраяха (82) и

русле р. Хурейхотарка (105). Наибольшее распространение в исследованных водоемах имеют *Cyclotella meneghiniana*, *Fragilaria exiguiformis*, *Navicula hanseatica*, *Neidium bisulcatum*, *Stauroneis anceps*, *Thalassiosira inserta*, *Tabellaria flocculosa*.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 15-04-00254).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Балонов И. М. Подготовка водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. С. 87–90.
- Генкал С. И., Ярушина М. И. *Bacillariophyta* водных экосистем арктических тундр западного Ямала (бассейн р. Харасавэйяха, Россия) // Альгология. 2014. Т. 24 (2). С.195–208.
- Глезер З. И., Караева Н. И., Макарова И. В., Моисеева А. И., Николаев В. И. Классификация диатомовых водорослей // Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л.: Наука, 1988. Т. 2, вып. 1. С. 31–35.
- Гуляков Н. Е., Загордонцев О. А., Герасимюк В. П. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов. Киев: Наук. думка, 1992. С. 3–112.
- Лазуков Г. И. Геоморфологическое районирование севера Западно-Сибирской равнины // Природные условия Западной Сибири. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1975. Вып. 5. С. 20–37.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. М., 1951. Вып. 4: Диатомовые водоросли. 619 с.
- Ярушина М. И. Фитопланктон водоемов полуострова Ямал // Биологические ресурсы внутренних водоемов Европейского Севера: тез. докл. XIII Всесоюз. науч. конф. Сыктывкар, 1990. С. 41.
- Ярушина М. И. Фитопланктон // Биология гидробионтов экосистемы р. Мордыяхи. Свердловск, 1991. С. 25–45. Рукопись деп. ВИНТИ 06.06.91, № 2367 – В – 91. С. 25–45.
- Ярушина М. И. Фитопланктон водоемов бассейна р. Мордыяхи // Современное состояние растительного и животного мира полуострова Ямал. Екатеринбург: УИФ Наука, 1995. С. 37–40.
- Ярушина М. И. Разнообразие водорослей фитопланктона водных экосистем бассейна р. Яраяхи (Россия, п-ов Ямал) // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: мат-лы II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, Беларусь, 22–26 окт. 2012 г. Минск: Минск-типпроект, 2012. С. 275–278.
- Ярушина М. И. Состав и структура фитопланктона водоемов бассейна реки Яраяха (п-ов Ямал) // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: мат-лы докл. III Междунар. научн. конф., 24–29 августа 2014 г. Ярославль: Филлигрань, 2014. С. 115–117.
- Krammer K. Diatoms of Europe. 2000. Vol. 1: *Pinnularia*. 703 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Teil 1: Naviculaceae // Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, 1986. Bd. 2/1. S. 1–876.
- Lange-Bertalot H., Bak M., Witkowski A. Diatoms of Europe. Vol. 6: *Eunotia* and some related genera. 2011. 747 p.
- Lange-Bertalot H. Diatoms of Europe. *Navicula* sensu stricto, 10 genera separated from *Navicula* sensu lato *Frustulia*. 2001. Vol. 2. 526 p.

## The Study on the Flora of Bacillariophyta in the Water Systems of the Yarayakha River Basin (the Yamal Peninsula)

S. I. GENKAL<sup>1</sup>, M. I. YARUSHINA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> I. D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters, RAS  
152742, Yaroslavl region, Borok

<sup>2</sup> Institute of Plant and Animal Ecology, UB RAS  
620144, Yekaterinburg, 8 Marta str., 202

E-mail: genkal@ibiw.yaroslavl.ru; nvl@ecology.uran.ru

The study of phytoplankton from lakes, sors, streams and rivers of the Yarayakha River basin with the help of scanning electron microscopy made it possible to extend the Bacillariophyta taxonomic spectrum: 236 specific and intraspecific taxa of diatom algae from 63 genera were detected. A total of 16 species and varieties new for the flora of Russia were recorded, and for 30 forms from 18 genera only the genus was identified. The maximum species diversity was recorded in a stream in the mouth of Yarayakha River (82 species) and in the channel of Khureikhotarka River (105 species). The following species are the most widespread in the waterbodies under study: *Cyclotella meneghiniana*, *Fragilaria exiguiformis*, *Navicula hanseatica*, *Neidium bisulcatum*, *Stauroneis anceps*, *Thalassiosira inserta*, *Tabellaria flocculosa*.

**Key words:** the Yamal Peninsula, the Yarayakha River basin, water bodies and water courses, phytoplankton, diatom algae, electron microscopy.