

**С О О Б Щ Е Н И Я**

УДК 005 : 582.261.56

© О. В. Бородулина

**ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ВОДОЕМОВ  
НАУРЗУМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)**O. V. BORODULINA. THE DIATOM ALGAE IN THE WATERBODIES  
OF THE NAURZUM RESERVE (NORTHERN KAZAKHSTAN)Костанайский государственный педагогический институт  
110000 Костанай, ул. Тарана, 118  
Тел. 87142 54-25-89  
E-mail: Jury63@mail.ru  
Поступила 22.03.2012

Приведены результаты изучения диатомовых водорослей в водоемах Наурзумского заповедника. Обнаружено 119 видов *Bacillariophyta*, из которых 1 род и 16 видов впервые отмечаются для Северного Казахстана. Обсуждается таксономический состав и экологические характеристики водорослей в изученных водоемах.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, Северный Казахстан, видовой состав, таксономия, экологические характеристики

Наурзумский государственный природный заповедник был основан в 1931 г. для сохранения уникального комплекса степей Северного Казахстана. В 2008 г. заповедник включен в список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО.

Водоемы разного типа занимают в заповеднике, в зависимости от обводненности, от 33 до 42 % территории и имеют ключевое значение для многих популяций редких и особо охраняемых видов птиц (Брагина, Брагин, 2002). Озерная система Аксуат, наиболее крупная из озерных систем заповедника, с 2009 г. находится под защитой Рамсарской конвенции. Однако альгофлористических исследований в водоемах Наурзумского заповедника не проводилось за всю историю его существования.

**Материалы и методика**

Оз. Большой Аксуат — самое крупное озеро южной группы. При среднем уровне наполнения его площадь составляет 123 км<sup>2</sup>, длина — 14.1 км, ширина — 6.2 км, максимальная глубина — 2.5 м. Береговая линия озера изрезана многочисленными заливами, мысами и полуостровами. На севере располагается придаточный водоем — оз. Малый Аксуат площадью 1.29 км<sup>2</sup>, которое соединяется с Большим Аксуатом глубокой протокой длиной 700 м и шириной 20—24 м. Коренные берега озера с запада и юга пологие и низкие, восточный берег обрывистый, 2—4 м. Дно озера илистое и вязкое. Минерализация воды в озерах имеет многолетние и сезонные колебания от 0.8 до 19 г на литр. По составу солей вода относится к хлоридному классу натриевой группы.

Для всех озер заповедника свойственны суффозионное происхождение и питание преимущественно атмосферными осадками. Ежегодное наполнение озер талыми водами определяется высотой снегового покрова, накопившегося в течение всего зимнего периода, а также условиями, сопровождающими его выпадение и таяние. Из года в год ситуация складывается по-разному, поэтому для озер характерна большая динамичность экологических условий, выражающаяся в чередовании периодов обводнения и усыхания, вплоть до полного пересыхания в отдельные годы (Брагина, Брагин, 2002). Третий водоем заповедника представляет собой пруд родникового происхождения, расположенный в урочище «Сад» в 10 км от центральной усадьбы — пос. Караменды. Литературные данные о гидрологии и гидрохимии этого водоема отсутствуют.

Материалом для наших исследований послужили 12 проб планктона, бентоса и обрастаний, взятых в июне 2009 г. в озерах Большой и Малый Аксуаты, а также в роднике и пруду на территории заповедника в урочище «Сад». Пробы были очищены горячим кислотным способом, постоянные препараты водорослей были сделаны в фенол-формальдегидной смоле и изучены с помощью микроскопа Микмед-5.

При систематическом анализе флоры диатомовых озер Наурзумского заповедника была использована классификация принятая в сводке Диатомоговые.. (1988) с учетом ревизий в родах *Achnanthes*, *Navicula* и *Cymbella* (Bukhtiyarova, Round, 1996; Lange-Bertalot, 2001; Krammer, 2002. 2003). Для оценки относительного обилия применялась шкала Вислоуха, а для экологического анализа использовались экологические характеристики из сводки «Биоразнообразие водорослей — индикаторов окружающей среды» (Барина и др., 2006). Полученные данные сведены в таблицу.

Систематический список видов диатомовых водорослей водоемов Наурзумского заповедника с экологическими характеристиками

Список видов	Водоемы			Экологическая характеристика			
	БА	МА	Р-П	М	Г	pH	S
Класс <i>Centrophyceae</i>							
Порядок <i>Thalassiosirales</i>							
Сем. <i>Stephanodiscaceae</i>							
Род <i>Cyclotella</i> Kütz.							
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	+	+		P-B	h-l	alf	o- $\alpha$
Класс <i>Pennatophyceae</i>							
Порядок <i>Araphales</i>							
Сем. <i>Fragilariaceae</i>							
Род <i>Fragilaria</i> Lyngb.							
<i>Fragilaria capucina</i> Desm.		+		B	i	alf	o
<i>F. crotonensis</i> Kütz.			+	P	hl	alf	$\alpha$ - $\beta$
<i>F. elliptica</i> Schum.		+		B	—	—	$\beta$ - $\alpha$
<i>F. leptostauron</i> (Ehr.) Hust.			+	B	hb	alf	$\alpha$ - $\beta$
<i>F. nitzschioides</i> Grun.			+	B	i	ind	—
<i>F. pulchella</i> (Ralfs) Lange-Bert.	+	+		Ep	mh	—	$\beta$
<i>F. tenera</i> (W. Sm.) Lange-Bert.			+	B	i	—	o
* <i>F. zeilleri</i> var. <i>elliptica</i> Gasse.		+		B	i	—	—
Род <i>Tabularia</i> (Kütz.) Williams et Round							
<i>Tabularia tabulata</i> (Ag.) Snoeijs			+	B	mh	ind	$\beta$ - $\alpha$

Список видов	Водоёмы			Экологическая характеристика			
	БА	МА	Р-П	М	Г	pH	S
Род <i>Ulnaria</i> (Kütz.) Compere							
<i>Ulnaria acus</i> (Kütz.) Aboal.			+	P	i	alb	β
<i>U. ulna</i> (Nitz.) Compere			+	P-B	i	alf	o-α
Сем. <i>Diatomaceae</i>							
Род <i>Diatoma</i> Bory							
<i>Diatoma tenue</i> Ag. (= <i>Diatoma elongatum</i> var. <i>tenue</i> (Ag.) Vh., <i>Diatoma nanum</i> Skb.)		+		P-B	hl	ind	β-α
Род <i>Meridion</i> Agardh							
* <i>Meridion circulare</i> (Grev.) Ag.		+	+	B	hb	alf	o-β
Порядок <i>Raphales</i>							
Сем. <i>Naviculaceae</i>							
Род <i>Anomoeoneis</i> Pfitz.							
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> (Kütz.) Pfitz.		+		P-B	hl	alb	χ-β
<i>A. sphaerophora</i> f. <i>sculpta</i> Krammer	+			B	mh	—	—
Род <i>Caloneis</i> Cl.							
<i>Caloneis amphibaena</i> (Bory) Cl.	+	+		B	hl	alf	χ-o
<i>C. schumanniana</i> (Grun.) Cl.			+	P-B	i	ind	o-χ
<i>C. silicula</i> (Ehr.) Cl.	+	+		B	i	alf	χ
Род <i>Craticola</i> Grunow							
<i>Craticola cuspidata</i> (Kütz.) Mann	+	+		B	i	alf	o
<i>C. halophila</i> (Grun.) Mann	+			B	mh	alf	—
Род <i>Diploneis</i> Ehr.							
<i>Diploneis elliptica</i> (Kütz.) Cl.	+			B	i	alf	o-α
<i>D. ovalis</i> (Hilse) Cl.			+	B	i	alb	β
* <i>D. pseudovalis</i> Hust.			+	B	—	alf	—
Род <i>Fallacia</i> Stickle et Mann							
<i>Fallacia pygmaea</i> (Kütz.) Stickle et Mann ( <i>Navicula pygmaea</i> Kütz.)	+			B	mh	alf	β-o
* <i>Fallacia tenera</i> (Hust.) Mann	+			B	hl	alf	o-β
Род <i>Frustulia</i> Rabn.							
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thw.) De Toni			+	P-B	i	alf	χ-β
Род <i>Gyrosigma</i> Hass.							
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Raben	+			B	i	alf	o-χ
<i>G. macrum</i> (W. Sm.) Cl.		+		B	mh	—	—
<i>G. peisonis</i> (Grun.) Hust.	+			B	mh	alf	—
Род <i>Haslea</i> Simonsen							
<i>Haslea spicula</i> (Hickie) Lange-Bert.	+	+		P-B	mh	—	—
Род <i>Hippodonta</i> Lange-Bert., Witkowski et Metzeltin							
<i>Hippodonta hungarica</i> (Grun) Lange-Bert., Metz. et Witk.	+	+		B	i	alf	β-o
Род <i>Luticola</i> D. G. Mann							
<i>Luticola muticopsis</i> (V. H.) Mann		+		B	—	—	—
Род <i>Mastogloia</i> Thw.							
<i>Mastogloia elliptica</i> (Ag.) Cl.	+			B	mh	alf	—
<i>M. smithii</i> Thw.	+	+		B	mh	alf	—

Список видов	Водоемы			Экологическая характеристика			
	БА	МА	Р-П	М	Г	рН	S
Род <i>Navicula</i> Bory							
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germ.		+		P-B	i	—	β
<i>N. digitoradiata</i> (Greg.) Ralfs	+	+		B	mh	alb	—
<i>N. duerrenbergiana</i> Hust.	+	+		B	hl	alf	o-α
<i>N. elginensis</i> (Greg.) Ralfs			+	B	i	ind	χ-o
<i>N. gregaria</i> Donk.	+	+		B	mh	alf	χ-β
<i>N. laterostrata</i> Hust.	+	+		B	i	alf	—
<i>N. menisculus</i> Schum.	+			B	i	alf	χ-β
<i>N. peregrina</i> (Ehr.) Kütz.	+			B	mh	alf	—
* <i>N. phyllepta</i> Kutz.	+	+		B	hl	—	—
<i>N. radiosa</i> Kütz.	+		+	B	i	ind	o
<i>N. rostellata</i> Kütz.	+	+		B	i	alf	β-o
<i>N. salinarum</i> Grun.	+			B	mh	—	—
<i>N. selesvicensis</i> Grun.	+	+		B	—	—	α-β
<i>N. tripunctata</i> (O. Möll.) Bory		+		B	i	ind	β
<i>N. veneta</i> Kütz.	+		+	B	hl	alf	χ-o
Род <i>Neidium</i> Pfitz.							
<i>Neidium ampliatum</i> (Ehr.) Kram.			+	B	hb	ind	—
<i>N. aff. bisulcatum</i> (Lag.) Cl.		+		B	hb	ind	o-β
Род <i>Parlibellus</i> Cox							
<i>Parlibellus crucicula</i> (W. Smith) Witkow.	+	+		B	mh	ind	—
Род <i>Pinnularia</i> Ehr.							
<i>Pinnularia gibba</i> Ehr.			+	B	i	ind	o-β
<i>P. microstauron</i> var. <i>brebissonii</i> (Kütz.) Majer.	+			B	i	ind	o-χ
* <i>P. nodosa</i> (Ehr.) V. Sm.	+			B	i	ind	o
* <i>P. streptoraphe</i> var. <i>minor</i> (Cl.) Cl.			+	B	i	—	—
<i>P. viridis</i> (Nitz.) Ehr.	+		+	P-B	i	ind	o-χ
Род <i>Placoneis</i> Meresch.							
<i>Placoneis placentula</i> (Ehr.) Cox		+		B	i	alf	χ-β
Род <i>Pleurosigma</i> W. Sm.							
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Sm.		+		B	mh	ind	—
*Род <i>Scoliopleura</i> Grun.							
* <i>Scoliopleura peisonis</i> Grun.	+			B	mh	—	—
Род <i>Sellaphora</i> Meresch.							
<i>Sellaphora pupula</i> (Kütz.) Meresch.	+			B	hl	ind	o-χ
Род <i>Stauroneis</i> Ehr.							
* <i>Stauroneis anceps</i> var. <i>sibirica</i> Grun.			+	B	i	alf	o
<i>S. phoenicenteron</i> Ehr.	+	+	+	B	i	ind	χ-o
<i>S. smithii</i> Grun.			+	P-B	i	alf	χ-o
<i>S. vislouchii</i> Porez. et Anis.	+	+		B	mh	—	—
Сем. <i>Achnanthaceae</i>							
Род <i>Achnanthidium</i> Kutz.							
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kutz.) Czarneski			+	B	i	alf	β
Род <i>Cocconeis</i> Ehr.							
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	+	+		P-B	i	alf	o-β

Список видов	Водоемы			Экологическая характеристика			
	БА	МА	Р-П	М	Г	pH	S
Род <i>Planothidium</i> Round et Bukht. <i>Planothidium lanceolata</i> (Breb.) Lange-Bert.	+	+	+	B	i	ind	$\beta$ - $\alpha$
Род <i>Psammothidium</i> Bukht. et Raund * <i>Psammothidium bioretii</i> (Germ) Bukht. et Raund			+	B	—	—	$\chi$ -o
Сем. <i>Eunotiaceae</i> Род <i>Eunotia</i> Ehr. <i>Eunotia paralella</i> Ehr.			+	B	i	acf	$\beta$ -o
Сем. <i>Rhoicospheniaceae</i> Род <i>Rhoicosphenia</i> Grun. <i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Ag.) Lange-Bert.	+			P-B	i	alf	$\chi$ -o
Сем. <i>Cymbellaceae</i> Род <i>Amphora</i> Ehr. <i>Amphora aequalis</i> Kram.	+			B	—	—	—
<i>A. commutata</i> Grun.		+		B	mh	—	—
<i>A. libica</i> Ehr. (= <i>A. ovalis</i> var. <i>libica</i> Ehr.)	+	+		B	hl	alf	—
<i>A. ovalis</i> Kütz.	+			B	i	alf	$\alpha$ - $\beta$
Род <i>Cymbella</i> Ag. <i>Cymbella aspera</i> (Ehr.) Cl.			+	B	i	alf	$\beta$ -o
<i>C. cistula</i> (Hemp.) Grun.			+	B	i	alf	o- $\beta$
<i>C. cymbiformis</i> Ag.		+		B	i	alf	—
<i>C. helvetica</i> Kütz.	+	+	+	B	i	alf	o- $\alpha$
Род <i>Cymbopleura</i> Krammer * <i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auer) Kram.			+	B	i	ind	$\beta$ -o
Род <i>Encyonema</i> Kutz. <i>Encyonema caespitosum</i> Kutz.	+	+	+	B	—	—	$\beta$ - $\alpha$
Род <i>Halamphora</i> (Cl) Levkov <i>Halamphora coffeaeformis</i> (Ag.) Levkov	+			B	mh	alf	—
<i>H. holsatica</i> (Hust.) Levkov	+			P	mh	—	—
Сем. <i>Gomphonemataceae</i> Род <i>Gomphonema</i> Ehr. <i>Gomphonema acuminatum</i> Ehr.			+	P-B	i	alf	$\chi$ - $\beta$
<i>G. angustum</i> Ag. (= <i>G. intricatum</i> Kütz.)			+	P-B	i	alf	$\beta$
<i>G. gracile</i> Ehr. (= <i>G. lanceolatum</i> Ehr.)	+			P-B	i	alf	$\beta$ -o
<i>G. parvulum</i> Kutz.			+	B	i	ind	$\chi$
<i>G. truncatum</i> Ehr.		+	+	P-B	—	—	o- $\chi$
Сем. <i>Epithemiaceae</i> Род <i>Epithemia</i> Breb. <i>Epithemia sorex</i> Kütz.	+	+		B	i	alf	o- $\alpha$
<i>E. turgida</i> (Ehr.) Kütz.	+	+		B	i	alf	o
Род <i>Denticula</i> Kütz. <i>Denticula kützingii</i> Grun.			+	B	i	alb	o- $\beta$
Сем. <i>Rhapalodiaceae</i> Род <i>Rhapalodia</i> O. Möll. <i>Rhapalodia gibba</i> (Ehr.) O. Möll.	+		+	B	i	alb	$\chi$ -o

Список видов	Водоёмы			Экологическая характеристика			
	БА	МА	Р-П	М	Г	рН	S
Семейство <i>Nitzschiaceae</i>							
Род <i>Hantzschia</i> Grun.							
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	+	+		B	i	ind	β-o
<i>H. virgata</i> (Roper) Grun.		+		B	mh	—	—
Род <i>Nitzschia</i> Hass.							
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Sm.	+			P-B	i	alf	o-β
* <i>Nitzschia acicularioides</i> Hust.		+		—	—	acf	β
<i>N. amphibia</i> Grun.		+		P-B, S	i	alf	o
<i>N. communis</i> Raben.	+	+	+	P-B	i	alf	o
<i>N. elegantula</i> Grun.	+	+		P-B	hl	alf	—
* <i>N. laevis</i> Hust.	+			B	mh	—	—
<i>N. linearis</i> W. Sm.			+	B	i	alf	χ
<i>N. obtusa</i> W. Sm.	+			B	mh	—	β
<i>N. palea</i> (Kütz.) W. Sm.	+		+	P-B	i	ind	o-χ
<i>N. paleacea</i> Grun.			+	P-B	i	alf	β
<i>N. sigma</i> (Kütz.) W. Sm.	+			B	mh	alf	—
<i>N. sigmoidea</i> (Ehr.) W. Sm.	+			P-B	i	alf	o
* <i>N. termaloides</i> Hust.	+			—	hl	—	—
<i>N. vermicularis</i> (Kütz.) Grun		+	+	B	i	alf	o
Род <i>Tryblionella</i> W. Smit							
<i>Tryblionella apiculata</i> Greg.	+	+		B	mh	alf	o-α
<i>T. garcilis</i> W. Smith	+			B	hl	alf	α-β
<i>T. hungarica</i> (Grun.) Mann	+	+		P-B	mh	alf	α-β
<i>T. littoralis</i> (Grun.) Mann	+			—	hl	—	—
Сем. <i>Surirellaceae</i>							
Род <i>Cymatopleura</i> W. Sm.							
<i>Cymatopleura solea</i> (Breb.) W. Sm.	+			P-B	i	alf	o
Род <i>Campylodiscus</i> Ehr.							
<i>Campylodiscus bicostatus</i> W. Sm. (= <i>Campylodiscus clypeus</i> var. <i>bicostatus</i> Ehr.)	+	+		B	hl	ind	—
Род <i>Surirella</i> Turp.							
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kützengii</i> Kram. et Lange-Bert. (= <i>Surirella ovata</i> Kütz. part.)	+			B	i	ind	β-α
<i>S. peisonis</i> Pant.	+	+		B	—	—	α
* <i>S. robusta</i> Ehr.	+			P-B	hb	ind	β-o
* <i>S. striatula</i> Turp.		+		P-B	mh	alf	—

Примечание. + — присутствие вида в соответствующем водоёме, \* — новые виды для флоры диатомовых водорослей Северного Казахстана, БА — Большой Аксуат, МА — Малый Аксуат, Р-П — родник и пруд, М — местообитание, Г — галобность, Р — планктонный, В — бентосный. Остальные сокращения являются общепринятыми.

В совокупности в изученных водоемах Наурзумского заповедника обнаружены 119 видов и разновидностей диатомовых, относящихся к 2 классам, 3 порядкам, 13 семействам и 47 родам. 1 род — *Scoliopleura* Grun. — и 16 видов приводятся впервые для альгофлоры Северного Казахстана. Это *Fragilaria zeilleri* var. *elliptica* Gasse., *Meridion circulare* (Grev.) Ag., *Diploneis pseudovalis* Hust., *Fallacia tenera* (Hust.) Mann, *Navicula phyllepta* Kutz., *Pinnularia nodosa* (Ehr.) V. Sm., *P. streptoraphe* var. *minor* (Cl.) Cl., *Scoliopleura peisonis* Grun., *Stauroneis anceps* var. *sibirica* Grun., *Psammothidium bioretii* (Germ) Bukht. et Raund, *Cymbopleura naviculiformis* (Auer) Kram., *Nitzschia acicularioides* Hust., *N. laevis* Hust., *N. termaloides* Hust., *Surirella robusta* Ehr., *S. striatula* Turp. Обращает на себя внимание минимальное представительство класса *Centrophyceae* — всего один вид *Cyclotella meneghiniana* Kütz., наиболее обычный для флоры региона. В безусловно преобладающем классе *Pennatophyceae* порядки и семейства представлены тоже неравномерно: 2 семейства и 5 родов в порядке *Araphales* и 11 семейств и 42 рода в порядке *Raphales*. Такая «однобокость» флоры обусловлена экологическими условиями водоемов — в первую очередь мелководностью и слабо развитой прибрежной растительностью. Первое условие препятствует развитию планктонных центральных водорослей, второе — бесшовных обрастателей. Наиболее подходящие условия в водоемах заповедника складываются для шовных диатомовых, способных передвигаться по песку и зарываться в ил.

Если рассматривать каждый водоем в отдельности, то нужно отметить видовое богатство крупнейшего из них — оз. Большой Аксуат, в нем обнаружено 69 видов, более половины всего списка (58 %). В Малом Аксуате и протоке отмечено 53 вида, в пруду 42 вида. В водоемах заповедника, как и в целом на территории Северного Казахстана, видовой состав даже в территориально близких озерах, или, как в данном случае, соединенных постоянными протоками, значительно отличается. Между озерами Большой и Малый Аксуаты найдено 35 общих видов, что составляет 51 % для Большого Аксуата и 60 % для Малого Аксуата. В большей степени отличается диатомовая флора пруда от флоры озер: всего 24 % общих видов с Большим Аксуатом и 17 % с Малым Аксуатом. В пруду не встречаются 25 из 47 родов, отмеченных нами для Наурзумского заповедника, только для пруда отмечаются 6 родов, т. е. флоры озер и пруда отличаются не только на видовом, но и на родовом уровне.

Объяснить столь существенные различия можно экологическими условиями близко расположенных водоемов. Анализ галобности видов показал, что в Большом Аксуате велик процент мезогалобов — почти 32 %, 42 % индифферентов, 17 % галофилов и отсутствуют галофобы (9 % не являются индикаторами галобности). Очень близко соотношение индикаторов галобности в оз. Малый Аксуат: мезогалобов 26 %, индифферентов 39 %, галофилов 17 % однако, здесь обнаружены два галофоба, что составило 3.7 % от всей диатомовой флоры озера. Совсем другое соотношение индикаторов галобности в пруду — мезогалоб здесь обнаружен только один (2 % от всей флоры пруда), индифферентов подавляющее количество — 74 %, галофилов 5 %, галофобов 7 %. Используя эти данные, мы характеризуем озера как солоноватоводные водоемы, а пруд как пресноводный. Еще нагляднее можно охарактеризовать водоемы через коэффициент минерализации, предложенный автором как отношение мезогалобов к индифферентам (Бородулина, 1994). Для Большого Аксуата он составляет 0.76, для Малого Аксуата 0.67 а для пруда всего 0.03. Для разнотипных водоемов Северного Казахстана мы отмечали варьирование коэффициента минерализации от 5 в пересолённых водоемах, до 0.04 в озерах, питаемых пресными родниками (Бородулина, 2005). Следовательно, пруд в Наурзумском заповеднике можно рассматривать как самый низкоминерализован-

ный из всех изученных нами водоемов. В этом, наверное, и кроется причина значительного отличия флоры диатомовых пруда от флоры озер заповедника, минерализация которых является обычной для такого типа озер.

Щелочной характер вод свойствен всем изученным нами водоемам, это четко прослеживается в составе индикаторов кислотности — щелочности каждого из них. Наиболее представительна в каждом водоеме группа алкалифилов: в Большом Аксуате их 52 % от всего состава видов, в Малом Аксуате 49 %, в пруду 40 %. Менее представительна группа индифферентов: 19, 17 и 30 % соответственно. По несколько процентов приходится в каждом водоеме на алкалибионтов, один ацидофил отмечен в Малом Аксуате и два в пруду.

Среди обнаруженных в водоемах заповедника диатомовых водорослей 83 вида являются индикаторами органического загрязнения по методу Пантле-Бука в модификации Сладечека (1967). Согласно этой методике, среди видов-индикаторов сапробности в озерах заповедника преобладают  $\alpha$ - $\chi$ -,  $\alpha$ -,  $\alpha$ - $\beta$ -мезо,  $\beta$ - $\alpha$ -,  $\alpha$ - $\chi$ -мезо,  $\beta$ -мезо- и  $\beta$ - $\alpha$ -мезосапробионты. Коэффициент сапробности  $S$  в этих группах индикаторов варьирует от 0.6 до 2.4. Рассчитанный по формуле коэффициент сапробности для каждого из изученных водоемов показал, что наименее органически загрязненные воды в пруду ( $S = 1.4$ ), для Большого Аксуата  $S = 1.6$ , для Малого Аксуата  $S = 1.7$ . Воды пруда, согласно эмпирической модели функционирования водных экосистем (Барина, 1992), относятся ко второму классу чистоты вод, разряду «вполне чистая», олигосапробной зоне самоочищения вод. Воды обоих озер относятся к третьему классу чистоты вод, разряду «достаточно чистая», бета-мезосапробной зоне самоочищения вод.

Водоемы заповедника заметно отличаются от водоемов Северного Казахстана за его пределами, испытывающих антропогенную нагрузку. По нашим данным, они относятся к разряду «природно-чистые» и «самоочищающиеся». Остальные ранее изученные нами водоемы имеют средние коэффициенты от  $S$  1.8 до 2.3 (Бородулина, 2006), что характеризует их как переходные от «самоочищающихся» к находящимся в состоянии «угрозы» их экологическому равновесию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барина С. С. Оценка состояния водных экосистем. Системный подход // Оценка состояния и устойчивости экосистем. М., 1992. С. 49—55.
- Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей — индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 498 с.
- Бородулина О. В. Экологическая характеристика диатомовых водорослей верхнего течения р. Тобол с связи минерализацией воды // Охрана и рациональное использование растительных ресурсов. Кустанай, 1994. С. 63—65.
- Бородулина О. В. Диатомовые водоросли озер Северного Казахстана в связи с минерализацией вод // Морфология, систематика, онтогенез, экология и биогеография диатомовых водорослей. Тез. докл. Девятой школы диатомологов России и стран СНГ. Борок, 2005. С. 27—28.
- Бородулина О. В. Биоиндикация уровня минерализации и органического загрязнения в разнотипных водоемах Северного Казахстана // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. Тез. докл. Междунар. конф. СПб., 2006. С. 24—25.
- Брагина Т. М., Брагин Е. А. Важнейшие водно-болотные угодья Северного Казахстана. М., 2002. 156 с.
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л., 1988. Т. 2. Вып. 1. 116 с.
- Сладечек В. Общая биологическая схема качества воды // Санитарная и техническая гидробиология. М., 1967. С. 26—31.
- Bukhtiyarova L., Round F. E. Revision of the genus *Achnanthes* sensu lato section *Marginulatae* Bukht. sect. nov. of *Achnantheidium* Kutz. // *Diatom Research* 1996. Vol. 11. N 1. P. 1—30.
- Krammer K. *Diatoms of Europe*. Vol. 3. *Cymbella*. 2002. 584 p.



*Krammer K.* Diatoms of Europe. Vol. 4. Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocybella. 2003. 530 p.

*Lange-Bertalot H.* Diatoms of Europe. Navicula sensu stricto, 10 genera separated from Navicula sensu stricto. Frustulia. 2001. 526 p.

## SUMMARY

The results of the study of diatoms in the waterbodies of the Naurzum Nature Reserve are presented. 119 species of *Bacillariophyta* are found, 1 genus and 16 species of them being recorded for the first time in the Northern Kazakhstan. The taxonomic composition and ecological characteristics of the diatoms in the studied waterbodies are discussed.

УДК 581.45 : 581.84 : 582.493

Бот. журн., 2012 г., т. 97, № 12

© А. А. Паутов, Я. О. Пагода, Е. Г. Крылова

### СТРОЕНИЕ ЛИСТА *GNETUM GNEMON* (GNETACEAE)

A. A. PAUTOV, I. O. PAGODA, E. G. KRYLOVA. THE LEAF STRUCTURE OF *GNETUM GNEMON* (GNETACEAE)

Санкт-Петербургский государственный университет, каф. Ботаники  
199034 С.-Петербург, Университетская наб., 7/9  
E-mail: pautov@bio.spb.ru  
Поступила 07.06.2012

Изучены строение листьев *Gnetum gnemon* L., изменчивость и корреляции их признаков. По сочетанию структурных характеристик они сходны с типичными листьями цветковых растений тропического дождевого леса. Листьям гнетума свойственна относительная стабильность строения мезофилла, пластичность структур, связанных с водоснабжением. Отмечен ряд общих с цветковыми растениями корреляций. Рассмотрен вопрос о возможных причинах образования в эпидерме листа гнетума большого числа соприкасающихся, абортированных и аномальных устьиц.

Ключевые слова: *Gnetum gnemon*, лист, строение, изменчивость, корреляции признаков.

Интерес к классу *Gnetopsida* обусловлен наличием у его представителей многочисленных признаков, сближающих их с цветковыми растениями (Muhammad, Sattler, 1982; Fisher, Evers, 1995; Carmichael, Friedman, 1996; Friedman, 1998; Doyle, 1998) Среди них — листья с широкой пластинкой и перистым жилкованием у видов рода *Gnetum*. Изучению этих листьев посвящено большое число работ (Rodin, 1967; Inamdar, Bhatt 1972; Nautiyal, Singh, Pant, 1976; Tomlinson, Fisher, 2005). Приведенные в них данные свидетельствуют о том, что по строению они похожи на листья двудольных растений. При этом остается открытым вопрос о том, насколько велико данное сходство — касается оно только общего плана строения данного органа или же распространяется и на его системную организацию в целом.

Работа посвящена рассмотрению структурной организации листа *Gnetum gnemon* L., и включает в себя количественную оценку признаков его строения, их изменчивость и корреляции.

### Материал и методика

Изучены закончившие рост листья *G. gnemon*. Материал собран в 2009 г. в оранжерее ботанического сада Ботанического института им. В. Л. Комарова (БИН) РАН (С.-Петербург). Фиксация материала (70°-й спирт) и изготовление препаратов