

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЯ

УДК 561.261:551.312 (470.22)

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР ЗАОНЕЖЬЯ: ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР, РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Т. С. Шелехова¹, Д. А. Субетто²

¹ *Институт геологии Карельского научного центра РАН*

² *Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН*

Представлены новые данные, полученные в результате изучения состава диатомовых комплексов поверхностных донных отложений из восьми озер Заонежья, расположенных на различных абсолютных отметках над уровнем моря. Выявлены условия развития диатомовой флоры, реконструированы минерализация воды в водоемах, кислотность среды, тенденции климатических изменений в современную эпоху. Установлена прямая зависимость минерализации воды в озерах от пород кристаллического фундамента и состава четвертичных отложений, размеров и глубины водоемов, расположения их в зонах разломов. Диатомовые комплексы водоемов свидетельствуют о направленном тренде к потеплению климата, что проявляется в снижении или даже исчезновении арктоальпийских форм, расширении спектра бореальных и космополитов. На основе выделения доминирующих видов установлены сходства и различия в развитии водоемов, получены предварительные результаты о времени их отделения от Онежского приледникового озера (ОПО), показано изменение его уровня в позднеледниковье и голоцене.

К л ю ч е в ы е с л о в а: донные отложения; диатомовый анализ; Заонежье; Онежское приледниковое озеро; позднеледниковье; голоцен.

T. S. Shelekhova, D. A. Subetto. DIATOMS IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF ZAONEZHYE LAKES: ASSESSMENT OF THE PRESENT STATE OF THE LAKES AND RECONSTRUCTION OF LAKE ONEGO LEVEL VARIATIONS

New data, obtained by studying the composition of the diatom complexes in the top-core sediments from eight lakes in Zaonezhye located at different absolute altitudes above sea level, are reported. The evolutionary conditions for the diatom flora were assessed, and the water mineralization of the lakes, acidity of the medium and climatic variation trends in the modern era were reconstructed. The water mineralization of the lakes was found to be directly related to the type of the crystalline bedrock, the composition of Quaternary deposits, the size and depth of the lakes, and their position in fault zones. The diatom complexes evidence a directed climatic warming trend indicated by a decline or even

vanishing of arctalpine forms and a greater variety of boreal forms and cosmopolites. Dominant species were identified to reveal similarities and differences in the evolution of the lakes, preliminary conclusions regarding the timing of their detachment from the periglacial Lake Onega (PLO) were drawn, and variations in its water level in the Late Glacial and the Holocene are shown.

Key words: bottom sediments; diatom analysis; Zaonezhye; periglacial Lake Onega; Late Glacial; Holocene.

Введение

Донные отложения озер являются важным источником информации о процессах, происходящих на водосборах. Содержащиеся в отложениях створки диатомовых водорослей позволяют оценить современное состояние водоемов, реконструировать этапы их развития. По составу экологических групп диатомей восстанавливаются процессы, указывающие на выщелачивание подстилающих пород или поступление гуминовых кислот, по которым можно судить

о колебаниях pH среды. В комплексе с этими показателями структура видов по географическому распространению дает возможность получить дополнительные сведения о климатических условиях, в которых развивались диатомовые водоросли. Наконец, по структуре экологических сообществ диатомей прослеживаются колебания уровней водоемов, свидетельствующие об увлажненности климата. Таким образом, весь комплекс характеристик диатомовой флоры позволяет восстановить эволюцию природных условий на определенной территории.

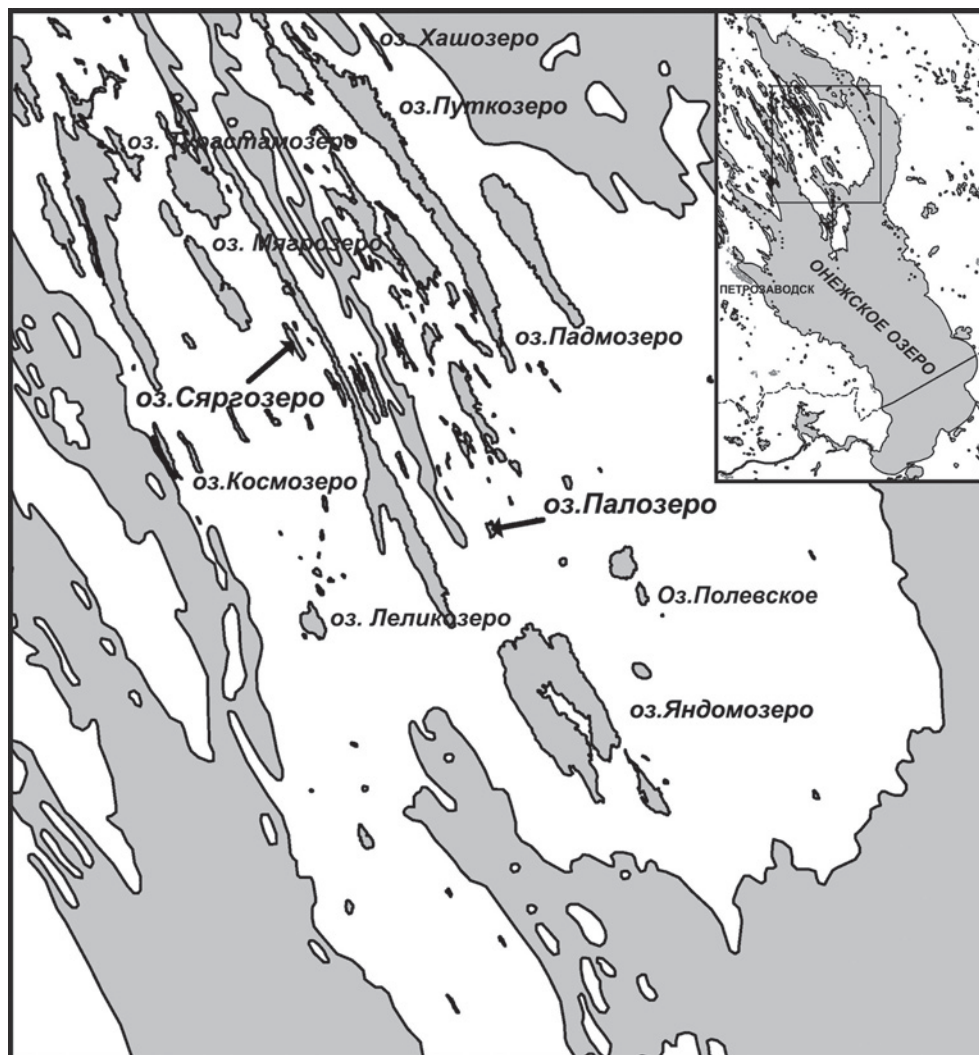


Рис. 1. Географическое положение изученных озер

Таблица 1. Природные особенности исследованных озер

Характеристики озер	Палозеро	Сяргозеро	Турастамозеро	Хашозеро	Полевское	Леликозеро	Яндомозеро	Мягрозеро
Абс. отметка уровня воды, м н. у. м. (БС)	132,4	48,4	44,7	36,0	54,7	86,4	42,2	63,2
Координаты географического центра	широта, ° с. ш.	62°20'51"	62°34'	62°36'	62°19'	62°18'13"	62°16'37"	62°30'44"
	долгота, ° в. д.	35°07'12"	34°40'	35°01'	35°17'	34°55'15"	35°09'49"	34°46'35"
Площадь водной поверхности, км ²	0,261	0,645	1,519	0,128	0,45	1,608	30,7	4,9
Длина береговой линии, км	2,65	5,0	4,8	7,0	3,08	4,2?	44,4	12,4
Объем, млн м ³	1,35	1,49						
Длина озера, км	0,93	2,35	2,0	3,2	1,28	2,2	10,9	6,4
	средняя	0,27		0,35	0,35		4,3	
Ширина, км	0,44	0,35	0,6	0,53	0,53	1,4		1,2
	средняя	5,1	1,5	1,3	3,2		4,3	5,6
Максимальная прозрачность воды, м	наибольшая	17,0	3,0	3,2			(6,0-ИВП) 8,0	9,9
	средняя	2,0	~2,5	~2,0				
Тип котловины (генезис)	Тектоническая (с ледниковой обработкой)							
Тип проточности	проточное	бессточное*	проточное	проточное	проточное	проточное		

Примечание. * Без видимого поверхностного стока.

Таблица 2. Список диатомовых водорослей, их эколого-географическая характеристика и содержание в поверхностных донных отложениях озер Заонежья (%)

№ п/п	Названия таксонов			Авторы	Местообитание	Галобность	pH	Биогеография	Леликозеро	Мярозеро	Яндомозеро	Турстамозеро	Хазозеро	Лалозеро	Сярозеро	Полевское
	2	3	4													
1																
1	Achnanthes	<i>gracillima</i>		Hustedt	о	и	и	б						1,0		
2	A.	<i>jentschii</i>		(Grun) Schulz.	о	и	алк	а								0,4
3	A.	<i>peragalloi</i>		Brun&Heribaud	о	и	и	б								0,4
4	A.	<i>conspicua</i>		A. Mayer	о	и	alkf	б					0,2			
5	A.	<i>exigua</i>		Grun.	о	и	alkf	к	0,4	0,4	0,4		0,2			
6	A.	<i>exigua</i>	<i>v. heterovalvata</i>	Krasske	д	и	alkf	к					0,2			
7	A.	<i>lanceolata</i>		(Brébisson) Grunow	о	и	ind	к		0,8			0,4			0,4
8	A.	<i>lanceolata</i>	<i>var. elliptica</i>	A. Cleve	о	и	ind	а					0,4			0,4
9	A.	<i>laterostrata</i>		Hustedt	о	и	ind	а					0,6			
10	A.	<i>linearis</i>		(W. Sm.) Grun.	о	и	ind	б			0,4		2,4			
11	A.	<i>linearis</i>	<i>var. pusilla</i>	Grun	о	и	ind	б					0,2			
12	A.	<i>microcephala</i>		(Kütz.) Grun.	о	и	ind	а				0,2				
13	A.	<i>minutissima</i>		Kütz.	о	и	ind	к				0,2				
14	A.	<i>minutissima</i>	<i>var. cryptocephala</i>	Grun.	о	и	ind	к				0,2				
15	A.	<i>oestrupii</i>		(A. Cl.-Euler) Hust.	о	и	ind	а		1,2	0,4		0,2			0,4
16	A.	<i>sp.</i>			о	гл-и	алк		0,4					0,6		1,4
17	Amphicampa	<i>hemicyclus</i>		Ehr.	д	рб	acf	а						0,2		
18	Amphora	<i>coffeiformis</i>		Ag.	д	мз	алк	б								1,2
19	A.	<i>ovalis</i>		Kütz.	д	и	alkf	к	0,8	2,0	0,4		0,6		10,4	1,6
20	A.	<i>ovalis</i>	<i>v. pediculus</i>	Kütz.	д	и	alkf	к		1,2			0,6			
21	A.	<i>ovalis</i>	<i>var. lybica</i>	Kütz.	д	и	alkf	к								0,8
22	Anomoneis	<i>exilis</i>		(Kütz., Grun) Cleve	д	и, рб	acf	а	0,8			8,2		0,2		
23	A.	<i>zellensis</i>		(Grun) Cleve	д	рб	acf	а	0,4			0,2				
24	A.	<i>serians</i>	<i>var. brachysira</i>	(Brébisson) Grun	д	рб	ац	а				0,6		0,8		
25	A.	<i>sp.</i>			д	рб	ац	а						0,6		
26	Aulacoseira	<i>ambigua</i>		(Grun.) O. Mull.	п	и	ind	к		25,2	19,2			7,2		8,0
27	A.	<i>distans</i>	<i>f. distans</i>	Kützing	п	и	acf	а	10,0	6,4	4,0		0,2	41,0		3,6
28	A.	<i>distans</i>	<i>v. lirata v. lacustris</i>	(Grun.) Bethge	п	и	acf	а	3,2		0,4					
29	A.	<i>distans</i>	<i>var. lirata</i>	(Ehrenberg) Bethge	п	и	ац	а						2,0		

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
30	A.	<i>granulata</i>		Sim.	п	и	alkf	к	8,8	12,4	33,2			0,4		2,0
31	A.	<i>granulata</i>	<i>var. angustissima</i>	(Grun.) O. Müll.	п	и	alkf	к			0,8	0,4				0,4
32	A.	<i>islandica</i>		O. Müll.	п	и	ind	а			5,2		0,2			2,8
33	A.	<i>italica</i>		Kütz.	п	и	alkf	к	9,2	7,6						
34	A.	<i>italica</i>	<i>var. valida</i>	(Grunow) Simonsen	п	и	и	а						1,2		
35	Caloneis	<i>bacillum</i>		Grunow	д	и	alkf	б					1			
36	C.	<i>obtusa</i>		(W/Sm.) Cl.	д	и	acf	а				0,2				
37	C.	<i>silicula</i>		(Ehren.) Cl.	д	и	alkf	б	0,4	0,4	0,4		0,2			0,4
38	C.	<i>silicula</i>	<i>v. truncatula</i>	Grun.	д	и	alkf	к				0,2				
39	Cocconeis	<i>diminuta</i>		(Pant.) Scheshukova	о	и	alkf	б		0,4						
40	C.	<i>placentula</i>		Ehrenberg	о	и	alkf	б					20,8			0,4
41	Cyclotella	<i>comta</i>		Kütz.	п	и	alkf	к	1,2	1,2	1,6	11,8	0,2	11,8	0,2	2,0
42	C.	<i>distinquenda</i>		Hustedt	п	и			0,4							
43	C.	<i>kuetzingiana</i>		Twaites	п	гл			4,0			1,2				0,4
44	C.	<i>kuetzingiana</i>	<i>var. schumanii</i>	Grunow	п	гл	alkf	б				2,6	0,2			
45	C.	<i>meneghingiana</i>		Kütz.	п	гл	ind	к		0,4	0,8					
46	C.	<i>ocellata</i>		Pantochek	п	и	и	б						17,6		0,4
47	C.	<i>stelligera</i>		Cl. et Grun.	п	и	alkf	к		0,4			0,2			4,8
48	Cymatopleura	<i>elliptica</i>	<i>var. nobilis</i>	(Hantz.) Hust.	д	и	alkf	б				0,2				
49	C.	<i>solea</i>		(Brébisson) W. Smith	д	и	анк	к							0,6	
50	C.	<i>sp.</i>			д	и			0,4						0,2	
51	Cymbella	<i>aequalis</i>		W. Sm.	о	и	ind	б				0,4				
52	C.	<i>angustata</i>		(W. Sm.) Cl.	о	и	acf	б	0,4			15,0		0,8		
53	C.	<i>aspera</i>		(Ehren.) Cl.	о	и	alkf	а			0,4	0,2				
54	C.	<i>cesatii</i>		(Rabench) Grun	о	и	ind	к			5,8	0,2				0,4
55	C.	<i>cistula</i>		(Hemp) Grun.	о	и	alkf	б			0,2					
56	C.	<i>cuspidata</i>		Kütz.	о	и	alkf	б			0,4	0,2	0,2			0,8
57	C.	<i>cymbiformis</i>		(Ag. Kutz) V. H.	о	и	alkf	б				0,6				
58	C.	<i>ehrenbergii</i>		Kützing	о	и	анк	б							0,6	
59	C.	<i>gaeumanii</i>		Meist.	о	и	ац	а						0,8		
60	C.	<i>gracilis</i>		(Rabench.) Cleve	о	рб (и)	ind	а (б)				0,6	0,2	2,0		
61	C.	<i>hebrdica</i>		(Gregory) Grunow	о	и	acf	а (б)				0,4		0,2		0,4
62	C.	<i>helvetica</i>		(Kutz)	о	и	alkb	б			1,0					
63	C.	<i>hustedtii</i>		Krasske	о	и	иикп	б			0,4					
64	C.	<i>inserta</i>		Grun.	о	и	acf	а				0,2				

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
65	C.	<i>laevis</i>		Naeg.	o	и	ind;	a				1,2			0,4	
66	C.	<i>lapponica</i>		Grunov	o	и	ind	a				0,2				
67	C.	<i>naviculiformis</i>		Auersw.	o	и	и	б						0,2		
68	C.	<i>sinuata</i>		Gregory	o	гл	анк	б								0,4
69	C.	<i>sp.</i>		Ehrenberg	o										0,2	
70	C.	<i>turgida</i>		(W.) Greg.	o	и	alkf	к				0,2	0,2		0,2	0,4
71	C.	<i>ventricosa</i>		Kutz	o	и	ind	к				0,2			1,8	
72	Denticula	<i>kuetzingiana</i>		Kutz	д; о	и	alkf	к				0,4				
73	D.	<i>sp.</i>			o	и	alkf	к				1,8				
74	D.	<i>thermalis</i>		Kutz.	o	и	alkf	к					0,2			
75	<i>Diploneis</i>	<i>elliptica</i>		(Kütz.) Cl.	д	и	alkf	к					0,2			0,4
76	D.	<i>finnica</i>		(Ehren.) Cl.	д	и	ind	с		0,4						0,8
77	D.	<i>ovalis</i>		(Hilse) Cl.	д	гл	alkf	б		0,4	0,4					0,4
78	D.	<i>parma</i>		Cleve	д	и	и	а								0,8
79	Epithemia	<i>müllery</i>		Fricke	o	и	alkf		0,8	0,4			0,8			
80	E.	<i>sorex</i>		Kütz.	o	гл	alkb	б				0,6	1,2			
81	E.	<i>sp.</i>			o							0,4				
82	E.	<i>turgida</i>		(Ehren.) Kütz.	o	гл	alkf	б					1,2			
83	E.	<i>zebra</i>	<i>var. saxonica</i>	(Kütz.) Grun.	o	и	alkf	к			0,8	0,4	3,0			1,2
84	E.	<i>zebra</i>		(Ehren.) Kütz.	o	и	alkf	к				0,2	4,8			0,8
85	E.	<i>zebra</i>	<i>v. angulatus</i>	Tynni	o	и	alkf	к					0,2			
86	Eucocconeis	<i>flexella</i>		Kutz.	o	и	alkf	а				0,6				0,4
87	E.	<i>flexella</i>	<i>v. alpestris</i>	Brun	o	и	alkf	а				2,6				
88	<i>Eunotia</i>	<i>argus</i>	<i>v. fallax</i>	Grun	o	и	ind	к				0,2				
89	E.	<i>exiqua</i>	<i>var. bidens</i>	(Breb.) Rabenhorst	o	и	ац	к						0,2		
90	E.	<i>faba</i>		Ehren.	o	гб	ац	б						0,4		
91	E.	<i>flexuosa</i>		(Breb.) Kütz.	o	и	ац	к						0,2		
92	E.	<i>formica</i>		Ehren.	o	и	acf	к		0,4						
93	E.	<i>lunaris</i>		(Ehren.) Grun.	o	и	ind	к	0,4							
94	E.	<i>pectinales</i>		(Dillw.) Rabenh.	o	и	acf	к		0,4		0,2				
95	E.	<i>pectinalis</i>	<i>var. ventralis</i>	(Ehren.) Grun.	o	и	ац	к						0,4		0,4
96	E.	<i>robusta</i>	<i>v. diadema</i>	(Ehren.) Rolfs.	o	и	acf	с			0,4					1,2
97	E.	<i>robusta</i>		Ralfs	o	и	acf	а				0,8				
98	E.	<i>robusta</i>	<i>var. tetraodon</i>	(Ehren.) Ralfs	o	гб	ац	а						0,2		
99	E.	<i>sp.</i>			o		acf		0,4			0,2				

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
135	N.	<i>exigua</i>		(Greg.) O. Mull.	д	гл?	алк	к								0,4
136	N.	<i>graciloides</i>		A. Mayer.	д	и	ind	б		0,4			0,8			
137	N.	<i>jaagii</i>		Meister	д	и	ind	а				0,4				
138	N.	<i>jentshii</i>		Grunow	д	и	alkf						0,2			
139	N.	<i>lanceolata</i>	<i>sellaphora</i>	(Ag.) Kütz.	д	и	alkf	а					0,8	0,2	2,0	0,4
140	N.	<i>menisculus</i>		Schumann	д	гл	alkf	б					0,6			
141	N.	<i>nodosa</i>		(Ehren.)	д	и	ind	а		0,4						
142	N.	<i>oppugnata</i>		Hust.	д		alkf	к					0,2			
143	N.	<i>peregrina</i>		(Ehren.) Kütz.	д	мз	alkf	к	0,4	0,4			0,2	0,2	8,4	0,2
144	N.	<i>placentula</i>	<i>f. rostrata</i>	A. Mayer	д	и	alkf	б			0,4		0,4		1,6	
145	N.	<i>placentula</i>	<i>v. placentula</i>	Ehren.	д	и	alkf	б		0,4						
146	N.	<i>pseudoscutiformis</i>		Hust.	д	и	alkf	а					0,6			
147	N.	<i>pupula</i>	<i>v. rectangularis</i>	(Greg.) Grun.	д	гл	ind	к	2,0			1,4	2,0	17,0	0,8	
148	N.	<i>radiosa</i>	<i>var. subrostrata</i>	Cleve	д	и	и	б						1,4		
149	N.	<i>radiosa</i>	<i>var. tenella</i>	(Breb.) Grunow	д	гл	алк	б								0,4
150	N.	<i>radiosa</i>		Kütz.	д	и	ind	б	0,4	0,8		7,0	0,6		11,2	0,8
151	N.	<i>rhyncocephala</i>		Kütz.	д	гл	alkf	к			0,4		0,4			
152	N.	<i>scutelloides</i>		W. Smith	д	и-гл	алк	б								0,8
153	N.	<i>sp.</i>		L.-Bertalot	д	и				0,4						
154	N.	<i>subtilissima</i>		Cleve	д	неизв.	acf	к	0,4							
155	N.	<i>unipunctata</i>			д	и	alkf	к					0,2			
156	N.	<i>viridula</i>		Kütz.	д	гл	alkf	к					0,6			0,4
157	N.	<i>vulpina</i>		Kütz.	д	и	alkf	б					0,2		0,2	
158	Neidium	<i>affine</i>		(Ehren.) Cl.	д	и	ац	б							0,6	0,4
159	N.	<i>iridis</i>	<i>f. vernalis</i>	Reich	д	гб	ind	б				0,2				
160	N.	<i>iridis</i>		(Ehren.) Cl.	д	гб	alkf	б				0,2			0,6	
161	N.	<i>sp.</i>			д	гб	acf	а	0,4				0,2			
162	Nitzschia	<i>acicularis</i>		(Kütz.) W. Sm.	д-п	и	алк	б								0,4
163	N.	<i>acidoclinata</i>		Lange-Bertalot	д	и	alkf	к					0,8			
164	N.	<i>denticula</i>		Grunow	д	и, мз	alkb	б				0,2	0,2			
165	N.	<i>denticula</i>		Grunow	д	гл	алк	к							1,4	
166	N.	<i>fonticola</i>		Grunow	д	и	alkf	а	0,4	1,2						
167	N.	<i>fruticosa</i>		Hustedt	д											
168	N.	<i>geitleri</i>		Hustedt	м	мз	alkf				0,4					
169	N.	<i>kuetzingiana</i>		Hilse	п	и	alkf	к					0,8			

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
205	<i>S. dubius</i>			(Fricke) Hustedt	п	и	алк	к								4,0
206	<i>Surirella</i> sp.				д	гл			0,4		0,4				0,2	
207	<i>Synedra parasifica</i>		<i>v. subconstricta</i>	Grun.	о	и	alkf	к					0,2			
208	<i>S. parasifica</i>			(W. Sm.) Hust.	о	и	alkf	к					0,2			
209	<i>S. sp.</i>				о		алк									0,4
210	<i>S. tabulata</i>		<i>var. acuminata</i>	Grun	о	мз		к							0,2	
211	<i>S. tabulata</i>		<i>var. grandis</i>	Mereschkovsky	о	мз		к							0,2	
212	<i>S. ulna</i>			(Nitzsch) Grun	п	и	alkf	к				0,4				
213	<i>Tabellaria fenestrata</i>			(Lyngb.) Kütz.	п	гб	acf	б	8,4		0,4	6,4	1,2	2,2	0,4	1,2
214	<i>T. flocculosa</i>			(Roth.) Kütz.	о	гб	acf	б	0,4	1,6	5,6	13,4	5,4	2,6	1,2	6,8
215	<i>Tetracyclus lacustris</i>		<i>var. strumosa</i>	(Ehren) Hustedt	о	гб	ац	б								0,4
216	<i>T. lacustris</i>			Rolfs.	о	и	acf	а								0,8
	Итого створок								249	249	252	498	501	500	500	260

Примечание. п – планктонные; о – обростатели; д – донные; гл – галофилы; гб – галофилы; гб – галофилы; и – индифференты; асф – ацидофилы; алкf – алкалофилы; алк – алкалофилы; ind – индифференты; а – арктоальпийские; б – бореальные; к – космополиты. Цифры обозначают содержание вида в %.

Целью данного исследования была реконструкция экологических обстановок вокруг водоемов во время накопления современных осадков.

Материалы и методы

Материалом для данной работы послужили результаты диатомового анализа поверхностных донных отложений из восьми озер Занонежья: Хашозеро, Турастамозеро, Мягрозеро, Леликозеро, Сяргозеро, Палозеро, Полевское, Яндомозеро, расположенных на разных абсолютных отметках над уровнем моря (н. у. м.) и в различных геолого-геоморфологических условиях (рис. 1; табл. 1).

Методом диатомового анализа было исследовано 36 образцов (из них 8 – самых верхних 1–5 см). В поверхностных отложениях выявлено 216 таксонов диатомовых водорослей, принадлежащих к 35 родам (табл. 2).

Техническая обработка проб и приготовление постоянных препаратов на диатомовый анализ выполнялись по общепринятой методике [Диатомовый анализ..., 1949; Давыдова, 1985], при идентификации флоры использовалась различная справочная литература [Диатомовые водоросли..., 1951; Molder, Tynni, 1967–73; Tynni, 1975–1980; Krammer, Lange-Bertalot, 1986; Баринаева и др., 2006; Генкал, Трифонова, 2009; Генкал и др., 2013].

Частично результаты исследований представлены на диатомовых диаграммах [Шелехова и др., 2015]. С использованием полученных данных проводился подсчет видов (в %) по отношению к географическому распространению – арктоальпийских, бореальных и космополитов; по галобности – мезогалобов, галофилов, индифферентов, галофобов; по отношению к pH – алкалофилов, алкалобионтов, индифферентов, ацидофилов, затем значения pH подсчитывались по [Renberg, Hellberg, 1982]. Составлен список (табл. 2) диатомовой флоры поверхностных отложений озер с характеристиками водорослей по их принадлежности к определенным экологическим группам. Наиболее интересные виды диатомей, полученные с помощью TESCAN, приведены на микрофотографиях (рис. 2). Все эколого-географические характеристики показаны на рисунке 3.

Результаты и обсуждение

В результате сравнения состава диатомовой флоры поверхностных донных отложений всех изученных озер (табл. 2) в каждом из них

Таблица 3. Диатомовые комплексы в поверхностных донных осадках озер Заонежья и изменение уровня Онежского озера

Период	Озера	Доминанты			Изменение уровня Онежского озера, абс. отм., м			Результат по озерам
		планктонные	обрастатели	донные	По Девятова, 1986	По Елина и др., 1999	По Демидов и др., 2003	
SA	Абс. отм., м н. у. м.				По Девятова, 1986	По Елина и др., 1999	По Демидов и др., 2003	
SB	Хашозеро, 36,0	Melosira varians , <i>Stephanodiscus astraea</i>	<i>Cocconeis placentula</i> , <i>Fragilaria brevistriata</i> , <i>F. construens</i> , <i>Epithemia zebra</i> + var. <i>saxonica</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Rhoicosphenia curvata</i>	<i>Navicula</i> spp.	37-33	37-33-32	32-33	36-33
AT	Яндомозеро, 42,2	<i>Aulacoseira granulata</i> , <i>A. ambigua</i>	<i>Fragilaria lapponica</i> , <i>F. crotonensis</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i>		47-41	45-44-41	45-36	48-41
	Турастамозеро, 44,7	<i>Cyclotella comta</i> , C. kuetzingiana var. schumanii , <i>Tabellaria fenestrata</i>	<i>Cymbella angustata</i> , <i>C. cesatii</i> , <i>Eucocconeis flexella</i> v. <i>alpestris</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i>	<i>Аномоеонеис exilis</i> , <i>Navicula radiosa</i>				
BO	Сяргозеро, 48,4	<i>Cyclotella comta</i> , Tabellaria fenestrata	<i>Cymbella</i> spp.	<i>Navicula</i> spp., <i>Pinnularia</i> spp., <i>Stauroneis</i> spp., <i>Amphora</i> spp.	51-48	51-48	50-43	55-48
PB	Полевское, 54,7	<i>Aulacoseira ambigua</i> , Cyclotella comta , C. stelligera , Stephanodiscus astraea var. astraea	<i>Fragilaria brevistriata</i> , <i>F. construens</i> , <i>F. construens</i> var. <i>venter</i> , <i>F. construens</i> var. <i>binodis</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i>					
	Мягрозеро, 63,2	Aulacoseira ambigua , <i>A. granulata</i> , <i>A. italica</i>	<i>Fragilaria brevistriata</i>		59-55	58-55	57-53	64-55
DR-3	Леликозеро, 86,4	<i>Aulacoseira distans</i> , <i>A. granulata</i> , <i>A. italica</i> , Cyclotella kuetzingiana	<i>Fragilaria brevistriata</i> , <i>Fragilaria construens</i> v. <i>venter</i> , <i>Fragilaria lapponica</i> , <i>Tabellaria fenestrata</i>				62	95-85
AL	Палозеро, 132,4	<i>Aulacoseira distans</i> , Cyclotella ocellata	<i>Fragilaria brevistriata</i>	<i>Frustulia saxonica</i>				132-95?

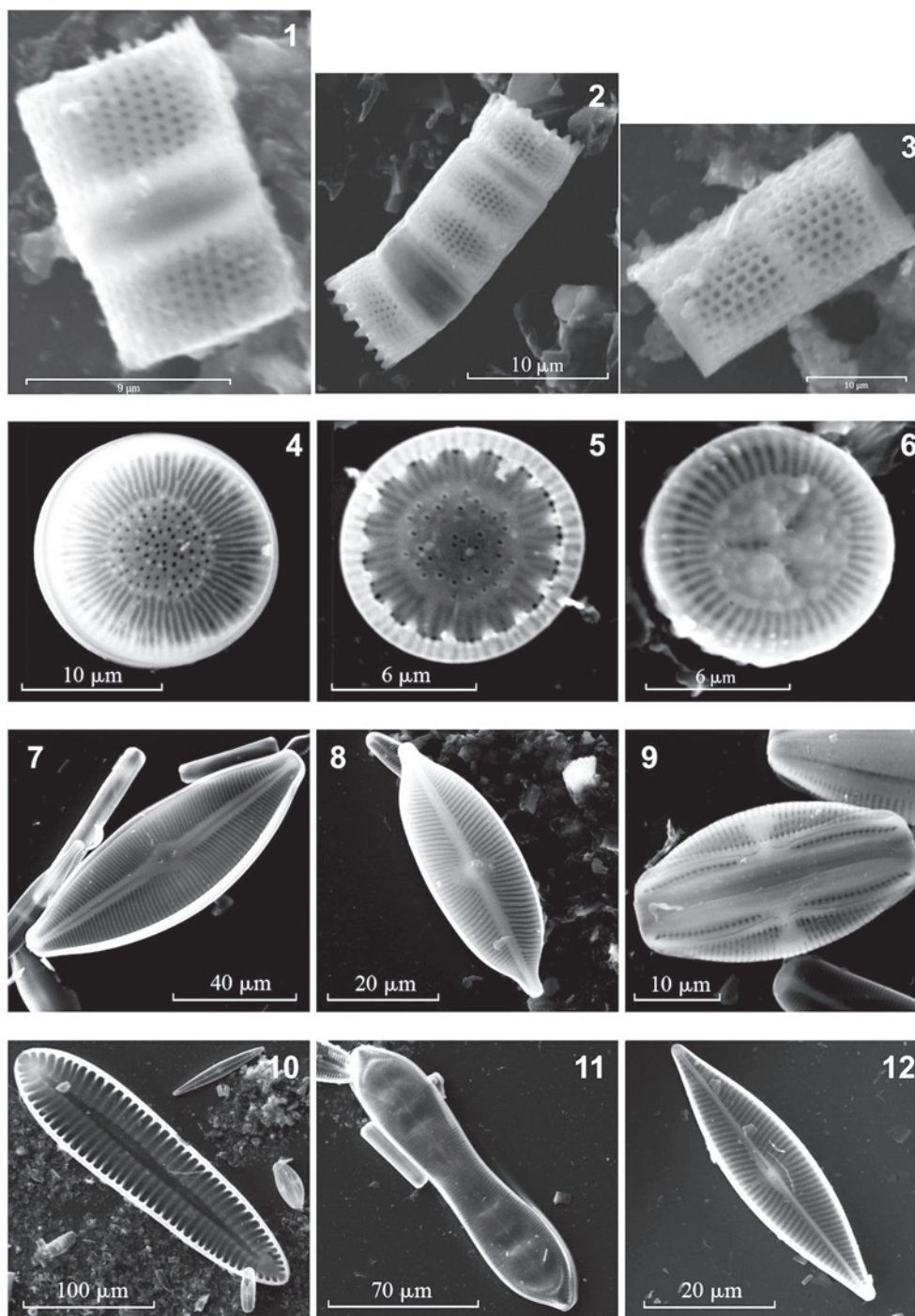


Рис. 2. Микрофотографии створок диатомовых водорослей из поверхностных донных отложений озер:

1. *Aulacoseira distans* (Мягрозеро). 2. *A. subarctica* (Палозеро). 3. *A. islandica ssp. helvetica* (Яндомозеро). 4. *Stephanodiscus* sp. 5. *Cyclotella* sp. 6. *C. kuetingiana* var. *radiosa*. 7. *Cymbella ehrenbergii*. 8. *C. turgida*. 9. *Amphora ovalis*. 10. *Cymatopleura* sp. 11. *C. solea*. 12. *Navicula peregrina*. (5–12 Сяргозеро)

выделены доминирующие виды и роды диатомовых водорослей (табл. 3).

Особое внимание было обращено на планктонные доминанты. Оказалось, что на каждом последующем уровне в составе доминирующего комплекса появляется как минимум один новый (индикаторный) вид, вероятно характерный только для данного палеоклиматического

периода, что и послужило основой для определения уровней Онежского озера и уточнения времени отделения от него исследованных малых водоемов. (В таблице 3 виды-индикаторы выделены жирным курсивом). Кроме этого, время отделения исследованных водоемов от ОПО в дальнейшем может быть уточнено с помощью радиоуглеродных датировок

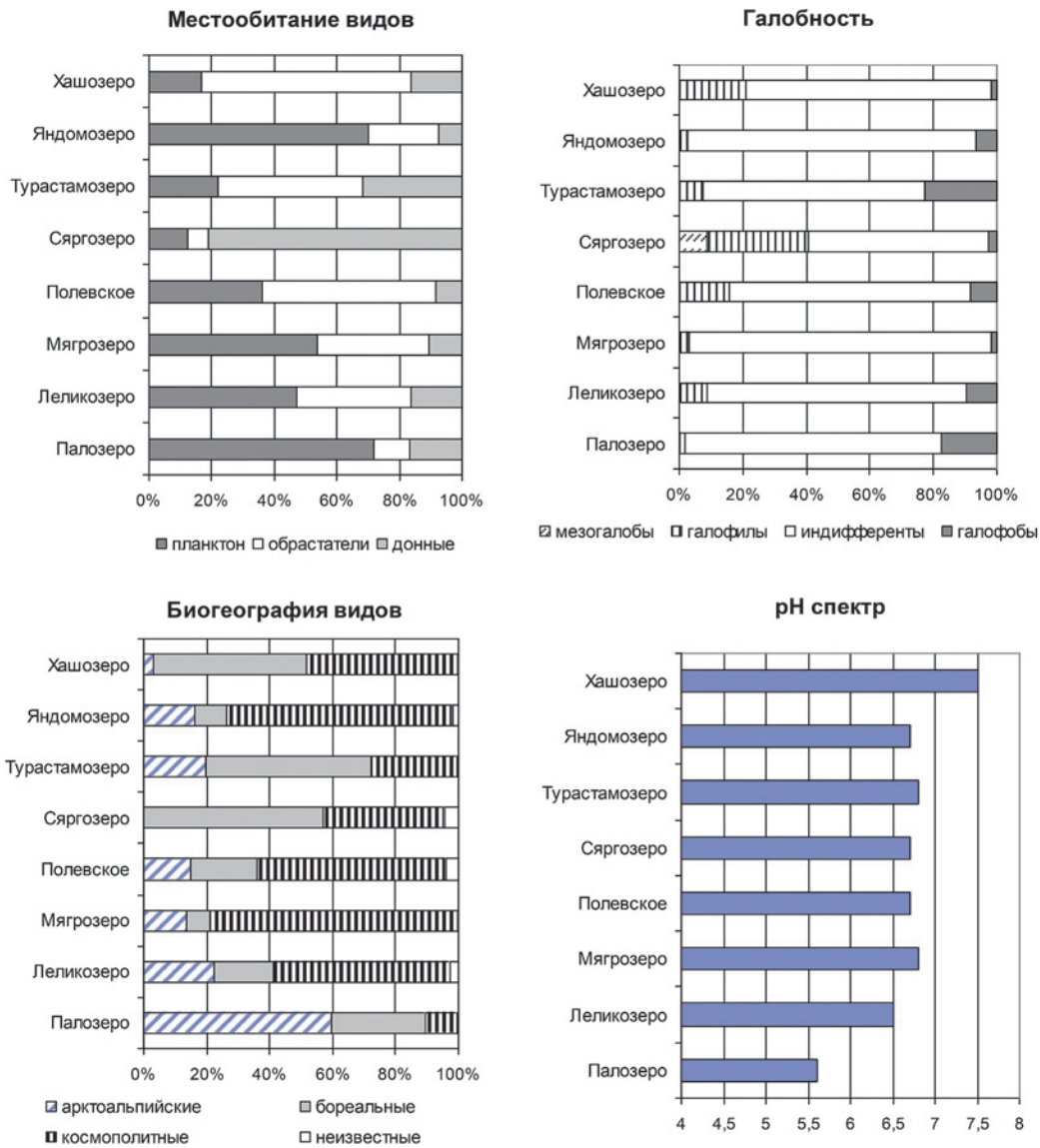


Рис. 3. Эколого-географические характеристики и pH-спектр диатомовых комплексов поверхностных донных отложений озер Зонежья

и комплексного микропалеонтологического анализа колонок донных отложений. Согласно предварительным данным, отделение озера Леликозеро могло произойти уже в позднем дриасе; Мягрозеро – в пребореале; Сяргозеро, Полевское – в бореале; Турастамозеро, Яндомозеро – в атлантическое время, Хашозеро – в суббореальное [Шелехова, 2006]. Озеро Палозеро, расположенное на самой высокой абс. отм. и имеющее своеобразный, значительно отличающийся от всех изученных озер состав диатомового комплекса, вероятно, стало самостоятельно развиваться в конце аллерада. Диатомовые комплексы озер, практически одновременно отделившихся от Онежского озера, отличаются наибольшим сходством. Эти данные уже подтверждаются по ранее изученным разрезам. Например, озеро Руоколампи (абс.

отм. 60 м) [Филимонова, Шелехова, 2005], расположенное на близких с озером Мягрозеро абс. отм., отделилось в пребореале, а болото Вожмариха – в атлантикуме-суббореале [Герман и др., 2005]. Помимо этого, можно сделать вывод о том, что многие виды диатомовой флоры, представленные в таблице 2, встречаются во всех изученных водоемах, свидетельствуя о единстве ее формирования.

Следует отметить, что сохранность створок в современных донных осадках водоемов в целом хорошая, однако в озерах Леликозеро и Мягрозеро поры многих створок диатомей «забиты» тонкопелитовым материалом, иногда корродированы, что, по-видимому, связано с условиями их захоронения. На рисунке 2 представлены микрофотографии створок некоторых диатомовых водорослей из разных

Таблица 4. Сравнительная характеристика pH и минерализации озер в зависимости от подстилающих их водосборы кристаллических пород и четвертичных отложений

Озера, абс. отм. озер, м н. у. м.	Кристаллические породы	Четвертичные отложения	pH		Минерализация	
			реконструиру- ванные	измеренные	измеренные, мг/л	содержание гало- филов+ мезогалобов, %
Хашозеро 36,0	породы кондопожской свиты калевиа (туффиты, алевро-пелитовые туфосланцы, шунгитсодержащие алевролиты)	сочленение морены и озерно-ледниковых песчано-алевро-глинистых отложений	7,2-7,5		-	22
Яндомозеро 42,2	шунгитовые породы с содержанием С > 20 %	ленточные глины и алевроиты ОПО	6,6	6,86-7,55	41,2	4
Турастамозеро 44,7	углеродсодержащие сланцы, алевролиты	песчаная морена	7,3-6,8	6,7-8,1	46,7	10
Сяргозеро 48,4	зона СРД – контакт углеродсодержащих сланцев, алевролитов, доломитов, известняков с габбро	морена+флювиогляциаль- ные отложения	5,9-7,0-6,6	7,3	46,06	40
Полевское 54,7	шунгитовые породы с содержанием С > 20 %	морена	6,4-6,9-6,6	7,7	47,3	18
Мягрозеро 63,2	углеродсодержащие сланцы, алевролиты (мягрозериты) + габбро	морена, флювиогляциальные отложения	6,8	7,45-8,25 (июль) 7,39-7,81 (апрель)	108,7	4
Леликозеро 86,4	контакт нерасчлененных габродолеритов, базальтов с углеродсодержащими песчаниками, алевролитами, туфо-алевролитами, сланцами	морена	6,5	6,56-7,1	20,7-26,3	8
Палозеро 132,4	нерасчлененные габродолериты, базальты	песчаная морена	5,4-5,6	6,36	20	2

Примечание. Измеренные значения минерализации воды и pH для озер Сяргозеро, Палозеро, Полевское представлены ИВПС.

озер. Явных признаков антропогенного воздействия на озера по данным диатомового анализа не наблюдается.

Эколого-географические характеристики диатомовой флоры поверхностных донных осадков озер

Структура диатомовых комплексов изученных озер по местообитанию, галобности, отношению к pH среды, географическому распространению приводится на рисунке 3. Структура комплексов по местообитанию четко отражает зависимость их состава от размеров и глубин водоемов. Так, самым большим является озеро Яндомозеро, в котором выявлено наиболее высокое содержание планктонных форм – около 70 %; самым глубоким – Палозеро, до 70 % планктона, затем Мягрозеро – 55 %, Леликозеро – 48 %, что свидетельствует о надежности диатомового анализа и подтверждается действительными размерами и площадью водоемов (табл. 1; рис. 3).

Соотношение видов по галобности (рис. 3) указывает на господство в водоемах индифферентных форм, а различия связаны с составом подстилающих кристаллических пород, четвертичных отложений, размерами и глубиной водоемов.

Наименее минерализовано самое глубокое озеро Палозеро (абс. отм. 132,4 м н. у. м.), расположенное в пределах развития пород кондопожской свиты калевиа (туффитов, алевро-пелитовых туфосланцев, шунгитсодержащих алевролитов) [Голубев и др., 2013], перекрытых песчаной мореной. Содержание в нем галофилов в сумме с мезогалолами не превышает 1–2 %. В более мелком озере Турастамозеро (табл. 1 и 4), лежащем среди шунгитсодержащих пород, также перекрытых песчаной мореной, содержание этих видов несколько выше – до 10 %. В осадках небольшого по размерам озера Хашозеро, расположенного в пределах одноименных кристаллических пород, но на сочленении морены и озерно-ледниковых песчано-алевро-глинистых отложений, доля галофилов более высокая – 22 %; в озере Полевское (шунгитовые породы, перекрытые мореной) – 18 %. Наиболее минерализовано (содержание галофилов до 40 %) небольшое по размерам Сяргозеро, что легко можно объяснить поступлением в него различных микроэлементов из более богатых озерно-ледниковых (в том числе и ленточных) глин, а также расположением в Святухинско-Космозерской зоне складчато-разрывных дислокаций (СРД) (на контакте с породами Заонежской свиты людиковия – шунгитсодержащими и шунгитовыми

сланцами и алевролитами, туффитами, доломитами, известняками, лидитами). Результаты диатомового анализа показали, что в озерах Турастамозеро, Сяргозеро, Полевское доля галофилов в сумме с мезогалолами по направлению к верху разреза современных осадков снижается, следовательно, снижается минерализация, вероятно, за счет возрастания поверхностного стока в результате увлажнения климата и снижения подземного питания [Шелехова, 2015]. В озерах Хашозеро и Палозеро минерализация, напротив, повышается, что может быть связано со многими причинами: составом кристаллических пород, расположением озер в зоне разломов, небольшими размерами, поступлением растворенных солей с поверхностным стоком и т. д.). Таким образом, четко прослеживается зависимость: чем больше водоем – тем меньше в нем содержание галофильных видов.

Соотношение видов по географическому распространению (рис. 3) ярко свидетельствует о том, что на их структуру оказывают влияние природно-климатические, геологические факторы и размеры водоемов. По составу диатомовой флоры установлено, что во всех озерах она развивается в достаточно холодноводных условиях, так как содержание арктоальпийских и бореальных видов (в сумме) колеблется от 40 % (Полевское, Леликозеро) до 90 % – в озере Палозеро, в остальных составляет 50–70 %. Такое содержание холодолюбивых видов характерно для озер, расположенных в северных широтах (зоне южной тайги). Высокая численность арктоальпийских видов в сумме с бореальными наблюдается в небольших водоемах, в более крупных озерах их доля значительно снижается. Однако в небольшом по размерам Мягрозере отмечается наименьшее содержание холодолюбивых форм, что, по-видимому, связано со слагающими водосбор темными, хорошо прогреваемыми шунгитсодержащими породами, а также с составом и генезисом четвертичных отложений.

В современных поверхностных отложениях всех озер сокращается доля арктоальпийских видов, а бореальных и космополитов – возрастает: в Турастамозере – с 28 до 53,8 %; в Хашозере – с 27,8 до 48,8 %, в озере Полевское – с 14 до 30 %; в Палозере – с 10 до 30 %; в Сяргозере арктоальпийские виды вообще исчезают. Причиной этому может быть потепление климата [Шелехова и др., 2015; Шелехова, 2015].

В меньшей степени размеры озер влияют на кислотные условия среды, которые зависят от строения и состава пород кристаллического фундамента и четвертичных отложений (табл. 4).

Из рисунка 3 видно, что более высокие значения pH среды характерны для озера Хашозера, немного меньшие – для Мягрозера, Турастамозера, Яндомозера, и наименьшие – для Леликозера, Палозера. Практически во всех озерах происходит подщелачивание среды, лишь в Турастамозере – подкисление [Шелехова, 2015].

Измеренные значения минерализации вод и pH достаточно хорошо коррелируют с реконструкциями этих показателей по результатам диатомового анализа (табл. 4), что свидетельствует о надежности метода.

Однако следует отметить, что реконструированные данные отличаются более низкими показателями, что, по-видимому, связано с их усредненностью, отвечающей условиям накопления поверхностного слоя за несколько лет. Особенно это заметно для озера Мягрозера, где пробы отбирались дночерпателем Экмана, а в остальных озерах – пробоотборником Limnos, хотя отсутствие четкой корреляции может быть связано с составом пород, а также, возможно, с быстрой разгрузкой вод через СРД или с другими причинами. Для Мягрозера, вероятно, получены более усредненные данные.

Выводы

В составе диатомовых комплексов исследованных водоемов не было выявлено сигналов, однозначно интерпретируемых как результат антропогенного воздействия. Сохранность створок в донных осадках большинства озер хорошая. В диатомовых комплексах отсутствуют в массовом количестве виды – индикаторы загрязнения, такие как, например, *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, *Fragilaria crotonensis*, *Gomphonema parvulum*, *Meridion circulare*.

Диатомовые комплексы водоемов свидетельствуют о направленном тренде к потеплению климата, что проявляется в расширении спектра бореальных и снижении или даже исчезновении арктоальпийских форм и незначительном росте доли космополитов.

Минерализация зависит от нескольких факторов: характера подстилающих пород кристаллического фундамента и перекрывающих его четвертичных отложений, размеров и глубины водоемов, расположения в зоне СРД.

Активная реакция среды (pH) в меньшей степени зависит от размеров и глубины водоемов. Значительное влияние на нее оказывает состав подстилающих пород, усиление или снижение поверхностного стока, процессы химического выветривания.

В результате сопоставления состава современных планктонных доминантов в исследо-

ванных водоемах и литературных данных предполагается, что уровень Онежского приледникового водоема на Заонежском полуострове в позднеледниковье достигал отметок более 130 м [Демидов, 2004, 2006]. Затем он снизился до 95 м в позднем дриасе, 65–55 м составлял в пребореале, 55–48 м – в бореале, 48–43 м – в атлантикуме, 41–36 м – в суббореале, 36–33 м – в субатлантике. Эти уровни несколько отличаются от установленных ранее, поэтому при получении новых данных будут уточняться.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 14-17-00766 «Онежское озеро и его водосбор: история, освоение человеком и современное состояние».

Литература

Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: PilliesStudio, 2006. 498 с.

Генкал С. И., Трифонова И. С. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна / Отв. ред. В. Г. Девяткин; Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН; Институт озероведения РАН. Рыбинск: Рыбинский Дом печати, 2009. 72 с.

Генкал С. И., Куликовский М. С., Михеева Т. М. и др. Диатомовые водоросли планктона реки Свислочь и ее водохранилищ. М.: Научный мир, 2013. 236 с.

Герман К. Э., Демидов И. Н., Лаврова Н. Б. и др. Природные условия в эпоху каменного века – раннего металла в районе залива Вожмариха Онежского озера // Археология: сб. Трудов всерос. совещания. Тверь, 2005. С. 8–12.

Голубев А. И., Рычанчик Д. В., Ромашкин А. Е., Полин А. К. Геологическое строение // Сельговые ландшафты Заонежского полуострова: природные особенности, история освоения и сохранение / Под ред. А. Н. Громцева. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. С. 17–29.

Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.

Девятова Э. И. Природная среда и ее изменения в голоцене. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1986. 109 с.

Демидов И. Н. Донные отложения и колебания уровня Онежского озера в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. С. 207–218.

Демидов И. Н. О максимальной стадии развития Онежского приледникового озера, изменениях его уровня и гляциоизостатическом поднятии побережий в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006. С. 171–182.

Демидов И. Н., Лаврова Н. Б., Шелехова Т. С., Васько О. В. К вопросу о колебаниях уровня Онежского озера в голоцене // Теоретические и прикладные проблемы современной лимнологии. Минск: БГУ, 2003. С. 151–152.

Диатомовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. М.: Советская наука, 1951. 619 с.

Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. М.; Л.: Гос. изд-во геол. литерат., 1949. Кн. 1, 240 с.; кн. 2, 288 с.

Елина Г. А., Лукашов А. Д., Филимонова Л. В., Кузнецов О. Л. Сукцессии палеорастиельности позднеледниковья-голоцена на Заонежском полуострове и зависимости их от уровней Онежского озера. Ботанический журнал. 1999. Т. 84, № 6. С. 32–52.

Шелехова Т. С. Ископаемая диатомовая флора голоценовых озерных отложений Заонежья // Материалы международной конференции «Северная Европа в XXI веке: природа, культура, экономика». Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006. С. 323–324.

Шелехова Т. С., Субетто Д. А., Тихонова Ю. С., Потахин М. С. Диатомовые водоросли современных отложений озер Заонежья: палеоэкологические и палеоклиматические реконструкции // Общество. Среда. Развитие. 2015. № 2. С. 151–160.

Шелехова Т. С. Современное состояние озер Заонежья по данным диатомового анализа по-

верхностных донных отложений (Карелия, Россия) // Материалы IV международной научно-практической конференции «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы». Петрозаводск, 30 сентября – 2 октября 2015. С. 78–81.

Филимонова Л. В., Шелехова Т. С. Динамика уровня режима, зарастания и заторфовывания озера Руоколампи (заповедник «Кивач») в голоцене // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем Восточной Фенноскандии. Труды Карельского научного центра РАН. Петрозаводск, 2005. Вып. 8. Стр. 121–132.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil. 1. Die Susswasserflora von Mitteleuropa / Stuttgart. 1986. S. 1–876.

Molder K., Tynni R. 1967–73. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen. I–VII. Bull. Geol. Soc. Finland 39: 199–217 (1967); 40: 151–170 (1968); 41: 235–251 (1969); 42: 129–144 (1970); 43: 203–220 (1971); 44: 141–149 (1972); 45: 159–179 (1973).

Renberg I., Hellberg T. The pH history of Lakes in Southwestern Sweden, as calculated from subfossil diatom flora of the sediments // Ambio. 1982. Vol. 11, no. 1. P. 30–33.

Tynni R. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen VIII–XI. Geol. Surv. Finland Bull. 274: 1–55 (1975); 284: 1–37 (1976); 296: 1–55 (1978); 312: 1–93 (1980).

Поступила в редакцию 19.01.2016

References

Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. Bioraznoobrazie vodoroslej – indikatorov okružhajushhej sredy [Diversity of algal indicators in the environmental assessment]. Tel-Aviv: PilliesStudio, 2006. 498 p.

Genkal S. I., Trifonova I. S. Diatomovye vodorosli planktona Ladozhskogo ozera i vodoemov ego bassejna [Diatoms of plankton of Lake Ladoga and water bodies of its basin]. Ed. V. G. Devjatkin; I. D. Panin Inst. for biology of inland waters of RAS; Inst. of limnology of RAS. Rybinsk: Rybinskij Dom pečati, 2009. 72 p.

Genkal S. I., Kulikovskij M. S., Mikheeva T. M., Kuznecova I. V., Luk'janova E. V. Diatomovye vodorosli planktona reki Svisloch' i ee vodohranilishh [Diatoms in plankton of the Svisloch River and its reservoirs]. Moscow: Nauchnyj mir, 2013. 236 p.

German K. Je., Demidov I. N., Lavrova N. B., Mel'nikov I. V., Shelekhova T. S. Prirodnye uslovija v jepohu kamennogo veka – rannego metalla v rajone zaliva Vozhmarikha Onezhskogo ozera [Environmental conditions of the Stone Age – Early Metal period in the area of Vozhmarikha gulf of Lake Onega]. Arheologija. Sb. Vseros. Soveshchaniya [Archaeology. Rept. of all-Russian Congr.]. Tver' 2005. P. 8–12.

Golubev A. I., Rychančik D. V., Romashkin A. E., Polin A. K. Geologičeskoe stroenie [Geological structure]. Sel'govye landshafty Zaonezhskogo poluostrova: prirodnye osobennosti, istorija osvoenija i sohranenie [Selka landscapes of the Zaonezhskii peninsula:

natural characteristics, land use, conversations]. Ed. A. N. Gromcev. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2013. P. 17–29.

Davydova N. N. Diatomovye vodorosli – indikatory prirodnykh uslovij vodoemov v golotsene [Diatoms as indicators of environmental conditions in Holocene water bodies]. Leningrad: Nauka, 1985. 244 p.

Devyatova E. I. Prirodnaya sreda i ee izmeneniya v golotsene [The natural environment and its changes during the Holocene]. Petrozavodsk: Karel'skii filial AN SSSR, 1986. 109 p.

Demidov I. N. Donnye otlozhenija i kolebanija urovnja Onezhskogo ozera v pozdelednikov'e [Bottom sediments and fluctuations of Onega Lake level in the Late Glacial]. Geologija i poleznye iskopaemye Karelii [Geology and mineral resources of Karelia]. Iss. 7. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2004. P. 207–218.

Demidov I. N. O maksimal'noj stadii razvitija Onezhskogo prilednikovogo ozera, izmenenij ego urovnja i glacioizostatičeskogo podnjatija poberezhij v pozdelednikov'e [On the maximum stage of the evolution of periglacial Lake Onega, changes of its level and the glacioisostatic uplift of coasts in Late Glacial]. Geologija i poleznye iskopaemye Karelii [Geology and mineral resources of Karelia]. Iss. 9. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2006. P. 171–182.

Demidov I. N., Lavrova N. B., Shelekhova T. S., Vas'ko O. V. K voprosu o kolebanijah urovnja

Onezhskogo озера в голоцене [On fluctuations of Onega Lake level in the Holocene]. Teoreticheskie i prikladnye problemy sovremennoj limnologii [Theoretical and applied problems of modern limnology]. Minsk: BGU, 2003. P. 151–152.

Diatomovye vodorosly. Opredelitel' diatomovykh vodoroslej SSSR [Diatoms. Identification guide to freshwater algae of USSR]. Iss. 4. Moscow: Sovetskaya nauka, 1951. 619 p.

Diatomovyj analiz. Opredelitel' iskopaemykh i sovremennykh diatomovykh vodoroslej [Diatom analysis. Guide to fossil and modern diatom algae]. Moscow; Leningrad: Gos. izd-vo geol. literat., 1949. B. 1, 240 p.; b. 2, 288 p.

Elina G. A., Lukashov A. D., Filimonova L. V., Kuznetsov O. L. Sukzessii paleorastitelnosti pozdnelednikov'ya-golotsena na Zaonezhskom poluostrove i zavisimosti ih ot yrovnei Onezhskogo озера [Successions of the Late-Glacial palaeovegetation on Zaonezhsky Peninsula and their dependence on Onega Lake levels]. Botanicheskiy zhurnal [Botanical Journal]. 1999. Vol. 84, no. 6. P. 32–52.

Shelekhova T. S. Iskopaemaja diatomovaja flora golocenovykh otlozhenij Zaonezh'ja [Fossil diatom flora of Holocene sediments from Zaonezhje]. Materialy mezhdunarodnoj konferentsii "Severnaja Evropa v XXI veke: priroda, kultura, ekonomika" [Proc. intern. conf. "Northern Europe in the 21st century: nature, culture, economy"]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2006. P. 323–324.

Shelekhova T. S., Subetto D. A., Tikhonova Ju. S., Potakhin M. S. Diatomovye vodorosli sovremennykh otlozhenij ozer Zaonezh'ja: paleoekologicheskie i paleoklimaticheskie rekonstrukcii [Diatoms in trans-Onega modern lake sediments: paleoecological and paleoclimatic reconstructions]. Obshhestvo. Sreda. Razvitie [Society. Environment. Development]. 2015. No. 2. P. 151–160.

Shelekhova T. S. Sovremennoe sostojanie ozer Zaonezh'ja po dannym diatomovogo analiza poverhnost-

nyh donnykh otlozhenij (Karelija, Rossija) [Current state of the lakes of Zaonezhje according to the diatom analysis of superficial bottom sediments (Karelia, Russia)]. Materialy IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferentsii "Jekologicheskaja geologija: teorija, praktika i regional'nye problemy". Petrozavodsk, 30 sentjabrja – 2 oktjabrja 2015 [Proc. 4th intern. res.-pract. conf. "Ecological geology: theory, practice and regional problems"]. C. 78–81.

Filimonova L. V., Shelekhova T. S. Dinamika urovnogo rezhima, zarastanija i zatorfovyvanija озера Ruokolampi (zapovednik "Kivach") v golocene [Dynamics of water level regime, overgrowing and peat accumulation of Lake Ruokolampi (Kivach Reserve) in the Holocene]. Bioraznoobrazie, dinamika i resursy bolotnykh jekosistem Vostochnoj Fennoskandii. *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN* [Biodiversity, dynamics and resources of mire ecosystems of Eastern Fennoscandia. *Trans. KarRC RAS*]. Petrozavodsk, 2005. Iss. 8. P. 121–132.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil. 1. Die Susswasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart. 1986. S. 1–876.

Molder K., Tynni R. 1967–73. Uber Finnlands rezente und subfossile Diatomeen. I–VII. Bull. Geol. Soc. Finland. 39: 199–217 (1967); 40: 151–170 (1968); 41: 235–251 (1969); 42: 129–144 (1970); 43: 203–220 (1971); 44: 141–149 (1972); 45: 159–179 (1973).

Renberg I., Hellberg T. The pH history of Lakes in Southwestern Sweden, as calculated from subfossil diatom flora of the sediments. *Ambio*. 1982. Vol. 11, no. 1. P. 30–33.

Tynni R. Uber Finnlands rezente und subfossile Diatomeen VIII–XI. Geol. Surv. Finland Bull. 274: 1–55 (1975); 284: 1–37 (1976); 296: 1–55 (1978); 312: 1–93 (1980).

Received January 19, 2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Шелехова Татьяна Станиславовна

старший научный сотрудник, к. г. н.
Институт геологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: shelekh@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 782753

Субетто Дмитрий Александрович

директор, д. г. н.
Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185030
эл. почта: subetto@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Shelekhova, Tatyana

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: shelekh@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 782753

Subetto, Dmitry

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: subetto@mail.ru