УДК 582.26. (571.64)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМОВ ОСТРОВА МАТУА (СРЕДНИЕ КУРИЛЫ) ПО ДАННЫМ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА

Гребенникова Т.А.

ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: tagrebennikova@mail.ru

Приведены результаты изучения диатомовых водорослей за три года (2007–2010 гг.) наблюдений в небольших озерах о. Матуа (Средние Курилы), находившихся под влиянием Симуширского цунами 2006 г. и вулканического пеплопада во время извержения влк. Пик Сарычева в 2009 г. Проведен эколого-географический анализ диатомовой флоры, рассмотрены взаимосвязи ассоциаций диатомей с pH воды, минерализацией и температурой и прослежена сукцессия доминирующих видов. После цунами во всех озерах были обнаружены морские и солоноватоводные виды. При повторном обследовании после извержения влк. Пик Сарычева установлено, что в диатомовых ассоциациях начали доминировать виды, показывающие снижение активной реакции воды в озерах, морские виды не были найдены. Наиболее заметно эти изменения проявились в водоемах, имеющих слабощелочную и нейтральную активную реакцию воды, и в меньшей степени в водоемах с низкими показателями pH среды. В дальнейшем отмечается тенденция к восстановлению в озерах исходных экологических условий, что проявилось в снижении численности массовых видов и в относительном содержании разных экологических групп диатомей в диатомовых ассоциациях.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, озера, pH воды, минерализация, Средние Курилы

ECOLOGICAL FEATURES OF THE LAKES OF MATUA ISLAND (MIDDLE KURILS) BY DIATOM DATA

Grebennikova T.A.

Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: tagrebennikova@mail.ru

The results of diatom study (2007–2010) of small lakes of Matua Island (Middle Kurils) under Simushir tsunami 2006 and volcanic ash fall of Sarychev Peak Volcano at 2009 impact are discussed. Ecological-geographical analysis of diatom flora was carried out, the connection of main assemblages with water pH, salinity and temperature were analyzed and the succession of dominant taxa was found. At 2009 after Peak Sarychev Volcano eruption the dominant taxa became species which show decreasing of pH. Marine species were absent. Such changes were more pronounced in the lakes with weak alkaline or neutral water and poor pronounced in the lakes with low pH. The tendency to reduction to initial environments was noted, that led to decreasing of content of dominant species and proportion of different ecological groups in the diatom assemblages.

Keywords: diatoms, lakes, pH, salinity, Middle Kurils

Изучение диатомовых водорослей современных пресных водоемов позволяет выявить особенности видового состава, экологической структуры и проследить сукцессию диатомей, что является важной предпосылкой для реконструкций развития водоемов в прошлом. Особенно важны подобные работы для Курильских островов, где экологическое состояние водоемов обусловлено влиянием не только природно-климатических, но и катастрофических факторов, таких как вулканические пеплопады и цунами. Наиболее значимыми для палеогеографических исследований являются результаты изучения состава диатомовых водорослей небольших озер, поскольку озера такого типа с короткой геологической историей были широко распространены в голоцене [11]. Знание особенностей видового состава диатомовых водорослей современных водоемов, закономерностей их динамики дает возможность с более высокой достоверностью интерпретировать данные при изучении осадков палеоозер. Цель работы – выявление межгодовой динамики диатомовых ассоциаций и изучение сукцессии массовых видов диатомей небольших пресных озер о. Матуа, испытавших влияние цунами и пеплопада.

Материалы и методы исследования

Материалом исследования послужили сборы диатомовых водорослей из четырех небольших искусственных озер на о. Матуа. Исследуемые озера расположены к югу от влк. Пик Сарычева, в районе бух. Айну (рис. 1). Первичный материал был собран в августе 2007 г. [2, 5]. Повторные сборы из этих озер были проведены в июне 2009 г. через месяц после извержения влк. Пик Сарычева и в августе 2010 г. [6, 7].

Самое большое из озер (т.н. 128), длиной 150 м, шириной 30 м и глубиной 1,5 м, образовалось в 300 м от берега моря в долине реки после прокладки дороги через болото и ручей. Остальные озерки округлой формы возникли в воронках от взрывов авиабомб в 1945 г. Наиболее крупное из них (т.н. 140) до 12 м в диаметре и глубиной более 2 м расположено в 230 м

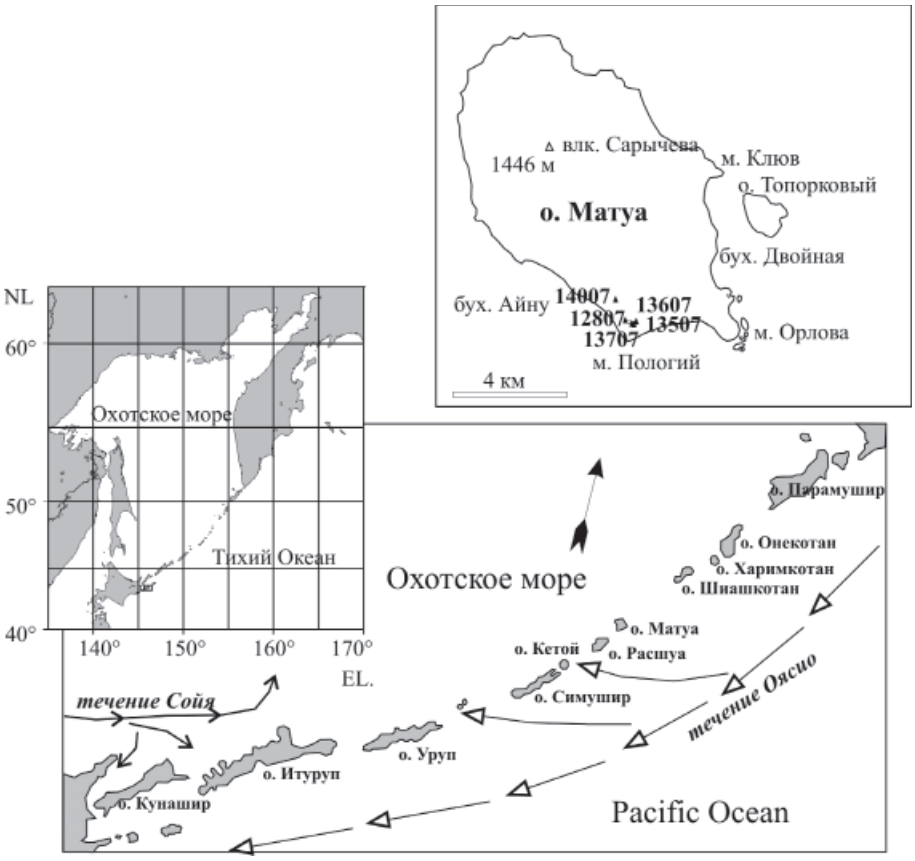

Рис. 1. Схема расположения исследуемых водоемов

от берега моря на высоте 12 м над у.м., в него впадает ручей. Остальные озерки, диаметром 8–10 м, глубиной 1,0–1,5 м, расположены в 750 м от берега моря. Все исследованные озера находились в зоне затопления цунами, вызванного Симуширским землетрясением 15 ноября 2006 г., высота заплесков которого на о. Матуа достигала 20 м [4, 17]. Пробы воды объемом 0,5–1,0 л фиксировались этиловым спиртом, обработка проб выполнена по общепринятой методике [9]. Определение диатомовых водорослей проводилось в постоянных препаратах с помощью микроскопа «Axioscop», при увеличении x1000 с использованием литературных источников отечественных и зарубежных авторов [9, 15, 16]. При эколого-географической характеристике видов и выявлении роли отдельных видов, кроме указанных публикаций, использовались сведения других работ [1, 3, 13].

Результаты исследования и их обсуждение

За три года наблюдений в изученных озерах было выявлено 198 таксонов пресноводных диатомей, относящихся к 47 родам и 6 морских и солоноватоводных форм аллохтонного происхождения. Среди пресноводных диатомей по числу таксонов (192) преобладают виды из класса пеннатных. Наиболее богато представлено семейство *Naviculaceae* (91 таксонов). Значительно меньшим числом таксонов представлены семейства *Fragilariaceae* (33), *Achnanthaceae* (24), *Eunotiaceae* (20) и *Bacillariaceae* (18). Центрических диатомей встречено 6 видов из рода *Aulacoseira*. По местообитанию большинство найденных диатомей относятся к обрастателям (54 %) и бентосным (35 %), планктонные, в основном случайно планктонные, составляют 11 %, распространение их большей частью приурочено к озерам, испытывающим влияние проточных вод.

В материалах, собранных в 2007 г., выявлено 104 таксона пресноводных диатомей, относящихся к 40 родам. Во всех озерах, расположенных даже на значительном удалении от берега моря, единично отмечены морские и солоноватоводные *Cocconeis scutellum* Ehr., *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* (Kütz.) Cl., *Actinocyclus octonarius* Ralfs, споры *Chaetoceros,* занесенные цунами. В список ведущих родов, включающих более 5 таксонов, входят *Pinnularia* (12), *Eunotia* (9), *Nitzschia* (8), роды *Fragilaria*, *Navicula* (по 7 форм) и *Gomphonema* (6).

Большая часть состава диатомей приходится на виды-космополиты, преобладают они и среди доминантов и субдоминантов. Бореальных обнаружено 8 таксонов, а арктоальпийских – 5, все они малочисленны

и не играют большой роли в диатомовых ассоциациях. Особенность диатомовой флоры этих водоемов, заключается в том, что обилие большинства видов не превышает 1–2 % от общего состава диатомовых. В число доминантов и субдоминантов вошли 10 таксонов (табл. 1). Наиболее часто в качестве доминатов отмечены *Staurosira venter* (3 озера) и *Tabellaria flocullosa* (2).

По отношению к солености по числу таксонов и содержанию створок наиболее многочисленны индифферентные виды, показывающие среднюю степень минерализации воды. Таксономическое разнообразие галофилов и галофобов небольшое (15–16 таксонов), но более высокую концентрацию створок дают галофобы, характерные для слабоминерализованных вод. Повышенной соленостью обладает самое крупное озеро в т.н. 128, где в массе обнаружен солоноватоводный *Tabularia fasciculata* (рис. 2).

По отношению к pH воды большую часть встреченных диатомей составляют циркумнейтральные виды (48 таксонов), на втором месте стоят алкалифилы (34), предпочитающие водоемы со слабощелочной pH воды. Ведущее положение виды этих групп занимают и в составе доминантов и субдоминантов, наиболее высокое их содержание характерно для озер в т.н. 128, 140 и 135 (рис. 2). Список ацидофилов насчитывает 19 таксонов, в состав доминирующих из этой группы вошли 4 вида, из которых распространение *Eunotia muscicola* var. *tridentula*, *Navicula notha* и *Pinnularia brauniana* характерно самого мелкого озера в т.н. 136.

В сборах диатомовых водорослей из этих же озер в 2009 г. было выявлено 114 таксонов (40 родов). Анализ родового состава диатомовых водорослей показал, что перечисленные выше роды сохраняют статус доминирующих по количеству видов, хотя их порядок несколько меняется. На первом место стоят роды *Eunotia* – 11, *Nitzschia* – 11, *Pinnularia* – 10, далее *Fragilaria* – 9, по 8 таксонов включают роды *Gomphonema и Navicula и Encyonema* – 7.

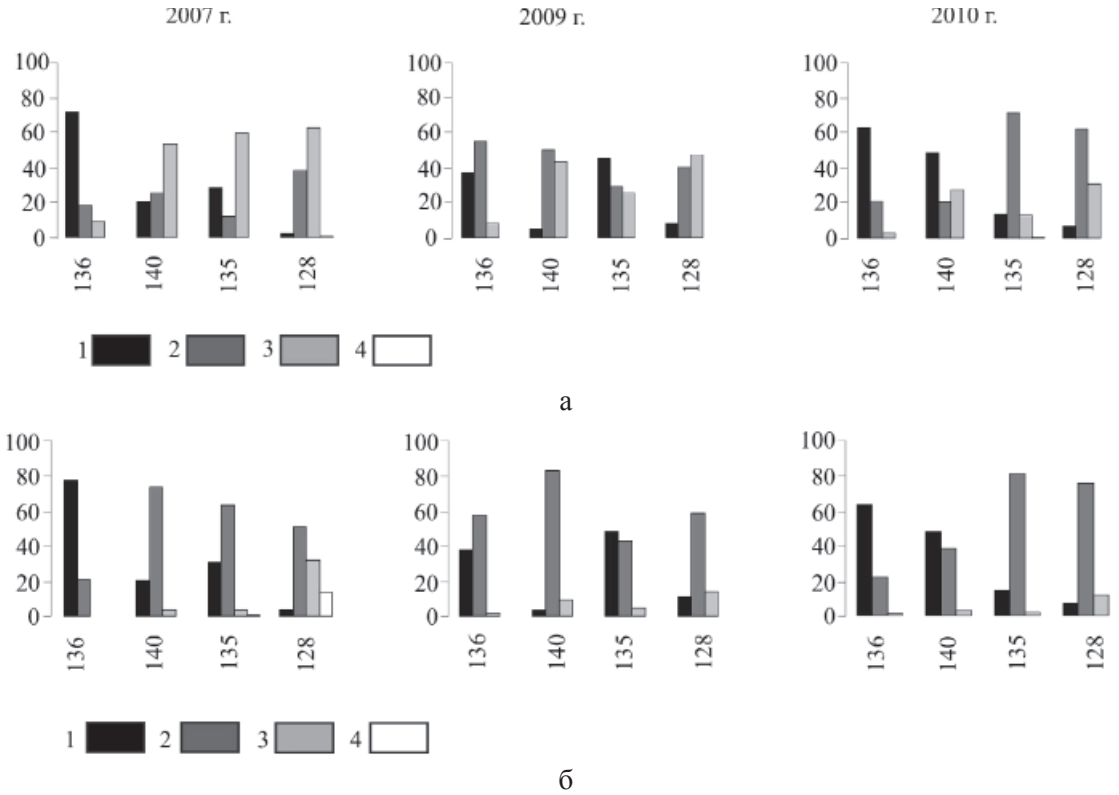

Рис. 2. Экологическая структура диатомовых сообществ:
а – соотношение диатомовых по отношению к pH среды:
1 – ацидобионты и ацидофилы, 2 – циркумнейтральные, 3 – алкалифилы и алкалибионты;
б – соотношение диатомовых по отношению к солености:
1 – галофобы, 2 – индифференты, 3 – галофилы, 4 – мезогалобы

Таблица 1

Состав доминирующих видов диатомовых водорослей в озерах о. Матуа в 2007 г.

Виды	Отношение к pH	Отношение к галобности	Биогеография	Озера			
				140	136	135	128
Diatoma tenuis Ag.	cn	hl	k				+ +
Eunotia muscicola var. *tridentula* Nörpel-Schempp et L.-Bert.	ac	hb	k		+ +		
Fragilaria gracilis Østrup	cn	in	k	+ +			
Navicula notha Wallace	ac	hb	k		+ +		
Pinnularia brauniana (Grun.) Studnicka	ac	hb	b		+		
Planothidium lanceolatum (Bréb.) L.-Bert.	al	in	k			++	
Staurosira venter (Ehr.) Cl. et Möller	al	in	k	+ +		+ +	+ +
Stauroforma exiguiformis (L.-Bert.) Flower, Jones et Round	cn	in	k		+		
Tabellaria flocullosa (Roth) Kütz.	ac	hb	k	++		+ +	
Tabularia fasciculata (Ag.) Will. et Round	al	mz	k				+ +

Условные обозначения, здесь и далее: ++ – доминанты (обилие створок более 10%); + – субдоминанты (обилие створок 5–10%); al – алкалифилы; cn – циркумнейтральные; ac – ацидофилы; hb – галофобы; in – индифференты; hl – галофилы; mz – мезогалобы; a – арктоальпийские; b – бореальные; k – космополиты.

Таблица 2

Состав доминирующих видов диатомовых водорослей в озерах о. Матуа в 2009 г.

Виды	Отношение к pH	Отношение к галобности	Биогеография	Озера			
				140	136	135	128
Achnanthidium minutissimum (Kütz.) Czarnecki	al	in	k				+
Aulacoseira pfaffiana (Reinsch) Krammer	ac	hb-in	a			++	
Brachysira vitrea (Grun.) Ross	cn	in	k				+
Diatoma tenuis Ag.	cn	hl	k				+
Chamaepinnularia hassiaca (Krasske) L.-Bert.	ac					+	
Eunotia muscicola var. *tridentula* Nörp. et L.-B.	ac	hb	k		+		
Eunotia subarcuatoides Alles, Nörpel-Schempp et L.-Bert.	cn-ac	in	k			+	
Fragilaria gracilis Østrup	cn	in	k	++		+	
Fragilaria vaucheriae (Kütz.) Petersen	al	in	k				+
Navicula notha Wallace	ac	hb	k		++	+	
Navicula rhynchocephala Kütz.	al	hl	k				+
Pinnularia divergentissima var. *subrostrata* Cl.	ac		a			+	
Stauroforma exiguiformis (L.-Bert.) Flower, Jones et Round	cn	in	k		++		++
Staurosira subsalina (Hust.) L.-Bert.	al	hl	k	+			
Staurosira venter (Ehr.) Cl. et Möller	al	in	k	++		++	++
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	ac	hb	k			+	+

Условные обозначения см. табл. 1.

В качестве доминантов выделены 5 таксонов, наиболее часто массовые скопления створок по-прежнему дает *Staurosira venter* (3 озера). Доминирующие до извержения в ряде озер *Tabellaria flocculosa*, *Diatoma tenuis и Eunotia muscicola* var. *tridentula* перешли в разряд субдоминантов, их сменили *Stauroforma exiguiformis* и *Aulacoseira pfaffiana.* Заметно увеличился состав субдоминантов (13 таксонов), из новых видов появились *Fragilaria vaucheriae*, *Achnanthidium minutissimum, Navicula rhynchocephala*, *Brachysira vitrea*, *Eunotia subarcuatoides*, *Pinnularia divergentissima* var. *subrostrata, Chamaepinnularia hassiaca* (табл. 2). Основную роль в диатомовых ассоциациях по-прежнему играют космополиты, число бореальных и арктоальпийских видов остается практически неизменным (8 таксонов), но заметно возросло их количественное содержание за счет массового развития *Aulacoseira pfaffiana и Pinnularia divergentissima* var. *subrostrata.*

Приблизительно на прежнем уровне осталось и соотношение видового состава алкалифильных и циркумнейтральных диатомей как в общем списке, так и среди доминантов и субдоминантов, но по обилию створок преобладают циркумнейтральные виды, что указывает на снижение показателей pH воды (рис. 2). Численность ацидофилов увеличилась до 24 таксонов, возросло их число и среди доминантов и субдоминантов (табл. 2). Их распространение приурочено к двум озерам (т.н. 136 и 135). В этих озерах отмечено и максимальное содержание галофобов. В остальных водоемах еще больше возросла роль индифферентов, содержание мезогалобов сократилась, в некоторых озерах обнаружены лишь единичные створки *Craticula halophila* (Grun.) Mann, не найдены и морские виды.

По итогам обследования озер в 2010 г. было выявлено 132 таксона (40 родов) диатомей.

Список арктоальпийских включает 10 таксонов, массовую концентрацию створок по-прежнему дает *Aulacoseira pfaffiana,* появились *Brachysira brebissonii* Ross, *Eucocconeis alpestris* (Brun) L.-Bert., *E. flexella* (Kütz.) Cl., *Eunotia diodon* (Ehr.), *F. capucina* var. *capitellata* (Grun.) L.-Bert., *Fragilariforma constricta* (Ehr.) Will. et Round, *Navicula pseudosilicula* Hust., *Pinnularia angulosa* Kram., *P. divergentissima* (Grun.) Cl. Порядок доминирования родов по числу таксонов стал более близким к первоначальному, в первую тройку входят *Pinnularia* – 17 таксонов, *Eunotia* – 14, *Fragilaria* – 9, затем *Nitzschia* – 8 и *Navicula* – 6. Число видов, формирующих доминирующие комплексы, снизилось до 12 таксонов (табл. 3).

Таблица 3

Состав доминирующих видов диатомовых водорослей в озерах о. Матуа в 2010 г.

Виды	Отношение к pH	Отношение к галобности	Биогеография	Озера			
				140	136	135	128
Achnanthidium minutissimum (Kütz.) Czarnecki	al	in	k	++			
Aulacoseira granulata (Ehr.) Sim.	cn	in	k			++	
Aulacoseira pfaffiana (Reinsch) Krammer	ac	hb-in	a		++		
Eunotia bilunaris (Ehr.) Mills	ac	in	k		+		
Eunotia muscicola var. *tridentula* Nörp. et L.-B.	ac	hb	k		+		
Eunotia paludosa Grun.	ac	hb	b		+		
Fragilaria gracilis Østrup	cn	in	k	++			
P. microstauron var. *rostrata* Kramm.	ac		k		+		
Stauroforma exiguiformis (L.-Bert.) Flower, Jones et Round	cn	in	k			++	++
Staurosirella pinnata (Ehr.) Will. et Round	al	hl	k				++
Staurosira venter (Ehr.) Cl. et Möller	al	in	k				++
Tabellaria flocullosa (Roth) Kütz.	ac	hb	k	++	++	+	+

Условные обозначения см. табл. 1.

По отношению к pH воды в составе диатомей значительно расширился список ацидофилов (29 таксонов), преобладают они и среди доминантов и субдоминантов, но их распространение приурочено в основном к озеру в т.н. 136. В остальных озерах высокое обилие имеют циркумнейтральные виды. Отмеченные изменения, возможно, указывают на тенденцию к восстановлению начальной экологической ситуации. Наиболее заметна эта направленность в небольших озерах (т.н. 135, 136) (рис. 2).

Сравнительный анализ диатомовых комплексов за три года наблюдений позволил проследить, как изменялось видовое богатство, состав доминирующих видов и экологическая структура диатомовых ассоциаций озер, испытавших влияние таких катастрофических проявлений, как цунами и пеплопады.

На начальном этапе изучения диатомовых водорослей в озерах было обнаружено 104 видов и внутривидовых таксонов, относящихся к 40 родам. В список пяти ведущих родов по наполняемости видами входили *Pinnularia*, *Eunotia*, *Nitzschia, Fragilaria и Gomphonema.* Из всего числа встреченных диатомей массовое развитие получили 10 видов. При повторных обследованиях в 2009 и 2010 гг. установлено, что порядок расположения ведущих родов меняется незначительно. Оставалась близкой и общая численность таксонов в 2007 и 2009 г., а в 2010 г. незначительно возросла (до 132 таксонов). Заметные изменения произошли в составе доминирующих видов. В 2009 г. через месяц после извержения влк. Пик Сарычева число диатомей, получивших массовое развитие, возросло до 16 таксонов, а в 2010 г. уменьшилось, их видовой состав существенно изменился по сравнению с 2007 г. Всего в 2009 и 2010 годах было зарегистрировано 14 новых доминантов и субдоминантов: *Achnanthidium minutissimum*, *Aulacoseira granulata, A. pfaffiana*, *Brachysira vitrea*, *Fragilaria vaucheriae*, *Eunotia subarcuatoides*, *E. bilunaris, E. paludosa*, *Navicula rhynchocephala*, *Chamaepinnularia hassiaca*, *Pinnularia divergentissima* var. *subrostrata, P. micristauron* var. *rostrata, Staurosira subsalina*, *Staurosirella pinnata.* Нет возможности обоснованно предположить, что на смену состава доминирующих видов диатомей в озерах могло повлиять поступление питательных веществ с пеплами, выпавшими во время извержения влк. Пик Сарычева, так как не были проведены гидрохимические исследования озер. При изучении разрезов торфяников и отложений палеоозер Курильских островов и Камчатки было отмечено значительное повышение концентрации створок диатомей в осадках, вмещающих пепловые прослои [10, 14]. Хотя такая картина наблюдается далеко не во всех случаях, все зависит от состава вулканических пеплов. Например, многолетние наблюдения за экологическим состоянием оз. Карымское после извержения влк. Карымский показали, что видимого влияния на развитие диатомей пеплопад не оказал [8].

Наиболее показательным индикатором изменения экологической обстановки в озерах, является соотношение численности представителей экологических групп диатомей, различающихся отношением к pH воды и минерализации. В 2009 г. в отличие от 2007 г. в составе диатомовых ассоциаций доминирование приобрели циркумнейтральные виды, увеличилось содержание ацидофилов, часть из которых вошли в состав доминирующих. Такая перестройка в соотношении групп диатомей фиксирует изменения pH воды от слабощелочной до нейтральной и слабокислой. Одной из причин увеличения содержания ацидофильных и циркумнейтральных диатомей и последующего их развития в озерах может быть поступление их с водой в результате таяния снежников при взрыве влк. Пик Сарычевы [12]. Ситуация в озерах по отношению к галобности в 2009–2010 гг. в целом осталась стабильной, кроме озера в т.н. 128, где соленость значительно снизилась. По-видимому, это озеро наиболее сильно было подвержено влиянию цунами [4]. Через 2 года после цунами морские виды в озерах не были найдены.

Выводы

Изученная диатомовая флора в небольших мелководных озерах о. Матуа отличается разнообразием и богатством. За три года наблюдений было выявлено 198 таксонов пресноводных диатомей. Специфичность диатомовой флоры этих недавно образовавшихся водоемов заключается в том, что подавляющее большинство встреченных видов единичны, в составе доминантов и субдоминантов за период наблюдений зафиксировано 24 таксона. Во всех озерах преобладают бентосные виды. Распространение планктонных и случайно планктонных видов приурочено в основном к водоемам, испытывающим влияние проточных

вод. Сравнительный анализ общего видового состава диатомей, набора доминирующих видов и соотношения экологических групп, установленных в озерах о. Матуа до и после извержения влк. Пик Сарычева, показало незначительное увеличение общего видового богатства диатомовой флоры. Состав доминирующих видов в диатомовых сообществах озер в разные годы имеет существенные различия. После извержения начали доминировать виды, показывающие снижение активной реакции воды в озерах. Наиболее заметно эти изменения проявились в водоемах, имеющих слабощелочную и околонейтральную активную реакцию воды и в меньшей степени в водоемах с низкими показателями pH среды. В дальнейшем отмечается тенденция к восстановлению в озерах первоначальной экологической ситуации, что проявилось в снижении численности массовых видов и в соотношении содержания разных экологических групп диатомей в диатомовых ассоциациях. Наиболее устойчивыми к влиянию внешних факторов оказались *Staurosira venter*, *Fragilaria gracilis, Tabellaria flocculosa* и *Eunotia muscicola* var. *tridentula*.

Автор выражает глубокую признательность сотрудникам ТИГ ДВО РАН Н.Г. Разжигаевой, К.С. Ганзей и ИМГиГ ДВО РАН А.В. Дегтереву за предоставление материала. Работа выполнена по программе «Дальний Восток» (проект 15-I-6-097). Экспедиции проводились в рамках Курильского Биокомплексного проекта KBP (грант NSF ARC-0508109, руководитель Бен Фитцхью) и по проектам РФФИ.

Список литературы

1. Баринова, С.С., Медведева, Л.А., Анисимова, О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – PiliesStudio, Телль Авив, 2006. – 498 с.

2. Гребенникова Т.А. Флора Bacillariophyta разнотипных водоемов Средних и Северных Курил // Бот. журн. – 2009. – Т. 94, № 4. – С. 526–537.

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

4. Левин Б.В., Кайстренко В.М, Рыбин А.В. и др. Проявление цунами 15. 11. 2006 г. на Центральных Курильских островах и результаты моделирования высот заплесков // ДАН. – 2008. – Т. 419. № 1. – С. 118–122.

5. Левин Б.В., Фицхью Б., Бурджуа Д., и др. Комплексная экспедиция на Средние Курильские острова в 2007 г. (II этап) // Вестник ДВО РАН. – 2008. – № . 3 – С. 111–123.

6. Левин Б.В., Рыбин А.В., Разжигаева Н.Г. и др. Комплексная экспедиция «Вулкан Сарычева – 2009» (Курильские острова) // Вестник ДВО РАН. – 2009. – № 6. – С. 98–104.

7. Левин Б.В., Мелекесцев И.В., Рыбин А.В., и др. Экспедиция «Вулкан Пик Сарычева – 2010» (Курильские острова) // Вестник ДВО РАН. – 2010. – № 6. – С. 152–159.

8. Лупикина Е.Г., Карпов Г.А. Коррелфция параметров биофильной компоненты в воде оз. Карымское с поступлением вулканического пепла вулкана Карымский: Материалы ежегодной конф. посвящ. дню вулканолога, Петропавловск-Камчатский, 27–29 марта. 2008. – Петропавловск-Камчатский, 2008. – С. 207–212.

9. Определитель пресноводных водорослей СССР. Диатомовый анализ. – М.: Наука, 1951. – Вып. 4. – 619 с.

10. Разжигаева Н.Г., Базарова В.Б., Сулержицкий Л.Д., и др. Источники пирокластического материала в позднеплейстоценовых-голоценовых диатомитах о. Кунашир, Курильские острова // Вулканология и сейсмология. – 2003. – № 4. – С. 29–35.

11. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Белянина Н.И., Мохова Л.М., Арсланов Х.А., Чернов С.Б. Эволюция ландшафтов Курильских островов в голоцене // Изв. РАН. Серия географ. – 2014. – № 3. – С. 43–50.

12. Рыбин А.В., Дегтярев А.В., Разжигаева Н.Г., Ганзей К.С., Чибисова М.В. Активные вулканы Курильских островов: вулкан Пик Сарычева (Серия «естественная история Сахалина и Курильских островов). – Южно-Сахалинск: ГБУК «Сахалинский областной краеведческий музей», ФГБУН ИМГиГ ДВО РАН, 2012. – 80 с.

13. Харитонов В.Г. Конспект флоры диатомовых водорослей (Bacillariophyceae) Северного Охотоморья. – Магадан: СИНЦ ДВО РАН, 2010. – 189 с.

14. Черепанова М.В., Пинегина Т.К. Диатомовые водоросли из торфяников Камчатки // Диатомовые водоросли: современное состояние и перспективы исследований: Материалы XIII Международной научной конференции альгологов (п. Борок, 24–29 августа. 2013 г.). – п. Борок, Ярославская область, Россия, 2013. – С. 97–98.

15. Krammer K., Lange-Bertalot, H. Bacillariophyceae. – Jena: VEB Gustav Fischer Veriag. Teil 1: Naviculaceae, 1986. – 876 p. Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, 1991a. – 576 p. Teil 4: Achnanthaceae. Kritische Erganzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema, 1991б. – 437 p.

16. Krammer K. Pinnularia, eine Monographie der europoischen Taxa // Biblioteca Diatomologica. – 1992. – Bd. 26. – 353 p.

17. MacInnes B.T., Pinegina T.K., Bourgeois J. et al. Field survey and geological effects of the 15 November 2006 Kuril tsunami in the middle Kuril Islands, Pure and Applied Geophysics. – 2009. – 166 (1–2). – P. 3–36.