

УДК 556.115:551.215.6 (571.66)

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ВОДНОЙ ТОЛЩЕ НЕКОТОРЫХ ОЗЕР КАМЧАТКИ,
СВЯЗАННЫХ С ВУЛКАНИЗМОМ

Е.Г. Лупикина¹, Е.В. Лепская², Т.К. Уколова², В.Д. Свириденко², А.Г. Николаева¹

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683000.*

² *Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, 683000.*

Одной из задач проводившегося в 1996-2004 гг. комплексного биогидрохимического мониторинга состояния экосистемы оз. Карымское было выяснение соотношений абиотических и биотических факторов в водной озерной толще с целью прогнозирования сроков восстановления состава биоты предкатастрофического периода. Был установлен факт глубокого депрессивного состояния озерной биоты в результате фреатомагматического взрыва в северном секторе озера в январе 1996 г., синхронного активизации вулкана Карымский: кроме гибели ихтиофауны исчезли два основных звена трофической цепи - многовековые планктонные зоо- и фитосообщества, началось формирование аллохтонных альгокомплексов в водной толще [2-5,8-10]. Одной из основных причин длительного депрессивного состояния развития планктонных сообществ была ацидофикация основной водной толщи с медленным повышением водородного показателя. В качестве ингибирующего фактора развития озерного фитопланктона подозревался и биогенный режим в ванне озера в посткатастрофический период.

Цель настоящей информации состоит в обобщении первых результатов по биогенному режиму, оценке его состояния и степени готовности для восстановления фитопланктонного комплекса, характерного для озера Карымское до подводного извержения 1996 г. Стационарные станции с длительным комплексным опробованием водной толщи оз. Карымское представлены на карте-схеме (рис. 1б). Для сравнения были привлечены данные по биогенному режиму озер Державина и Ульяновское (с фитопланктонными сообществами), расположенных на склонах вулкана Дикий Гребень (рис. 1а).

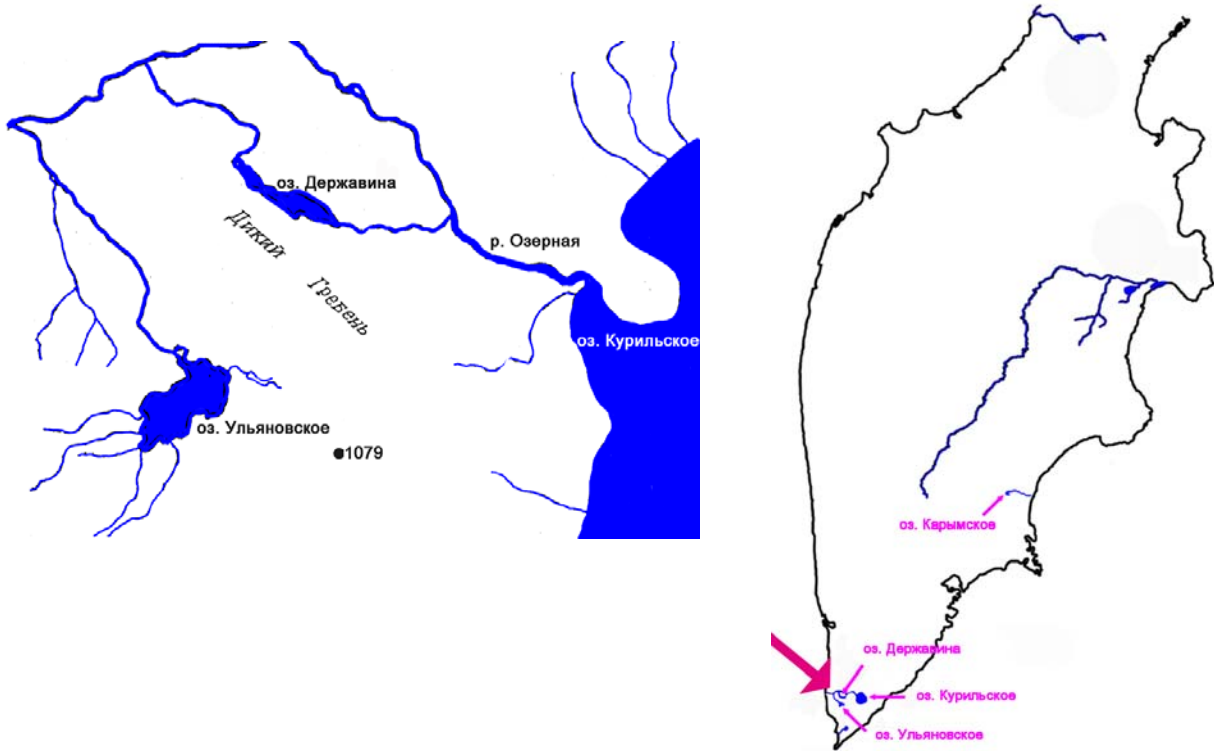


Рис. 1а. Карта-схема расположения озер. Увеличенная схема района расположения озер Державина и Ульяновское

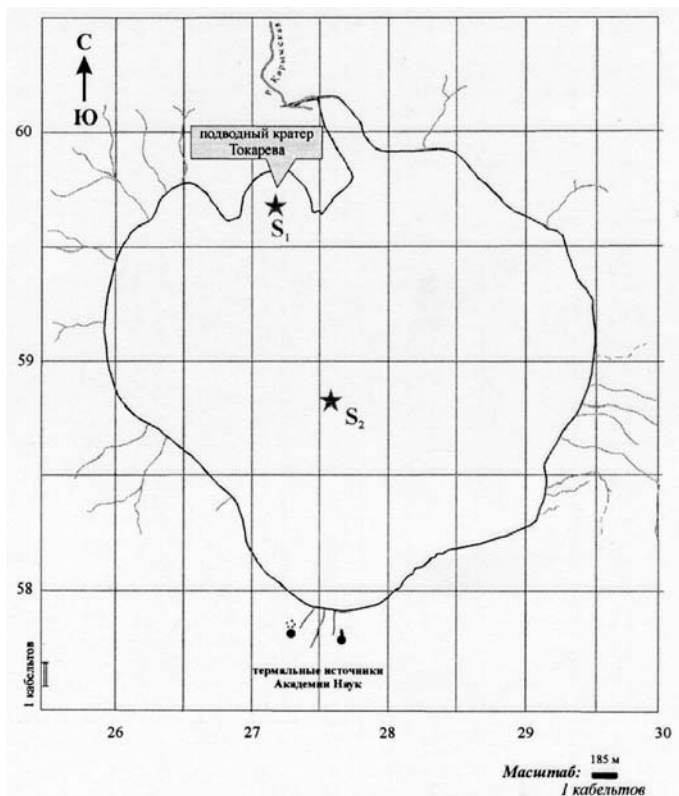


Рис. 1б. Карта опробования глубоководных станций (S₁, S₂) Карымского озера на биогенные элементы

Данные по биогенным элементам в названных озерах публикуются впервые (табл. 1,2; рис. 2-7).

Во всех водоемах, независимо от их солености, сапробности и pH, к основным биогенным макроэлементам и микроэлементам относят фосфаты (PO_4), аммоний (NH_4), нитриты (NO_2), нитраты (NO_3), водорастворимые соединения двух- и трехвалентного железа ($\text{Fe}^{2+,3+}$), водорастворимые соединения кремния, Mn, Zn, V, Mo, B, Co, Cu, Cl, S.

В зависимости от таксономической принадлежности водоросли имеют разные потребности в биогенных макро- и микроэлементах. Для существования диатомового планктонного комплекса необходимо соблюдение следующих условий: 1 - содержание водорастворимого кремния в воде не менее 0.5 мг/л; 2 - соотношение суммы форм биогенного азота к фосфору не менее 7; 3 - относительно высокая доля нитратного азота [6,7].

Процесс восстановления абиотических условий в озере, а именно: температуры и pH воды и концентрации биогенов отслеживали с 2000 г. Для сравнения были привлечены аналогичные данные, полученные для кратера Токарева, где до глубины 50 м значительно развиваются бентосные виды из рода *Nitzschia* (с 1997 г.) и мхов (с 2004 г.). Сравнение абиотических параметров проводили по их средневзвешенным значениям, рассчитанным для слоя 0-дно.

К сожалению, относительно регулярный мониторинг биогенного состава в воде оз. Карымское был начат лишь через 4 года после извержения, поэтому о первых шагах его восстановления нам ничего не известно. Из имеющихся данных можно предположить, что в первое время концентрации биогенных элементов испытывали резкие и значительные колебания, что видно на примере фосфатов (PO_4). Их крайне низкая концентрация в сентябре 2000 г. через 6 месяцев увеличивается на порядок, сменяясь обвальным падением через 2 года (март 2003 г.) и далее сохраняясь на том же низком уровне (весна 2004 г.). Летом 2004 г. концентрация фосфора в оз. Карымское стабилизируется на уровне, характерном для камчатских лососевых озер.

Биогенный азот в оз. Карымское, как и в других камчатских озерах, представлен тремя формами - аммонием, нитритами и нитратами. Сумма этих форм довольно значительно колеблется от года к году, но в 2004 г. устанавливается в пределах средних значений для всего периода наблюдений. При этом преобладающей формой азота является аммоний. Вероятно поэтому после увеличения pH до 4.0 и, несмотря на отношение минерального азота к минеральному фосфору, значительно превышающее 7, в центральной части озера получила слабое развитие зеленая водоросль *Choricystis chodatii*. Смену диатомового комплекса в планктоне на сообщество зеленых водорослей наблюдали и в Толмачевском водохранилище, когда соотношение азотных форм в значительной степени изменилось в пользу аммония [6].

Концентрации общего растворенного железа (Fe) как в кратере Токарева, так и в центральной части озера в 2000-2001 гг. в 4-9 раз превышают таковые в 2003-2004 гг., когда содержание железа стабилизируется на уровне 0.05 мг/л. Такие значения характерны для высокопродуктивных лососевых камчатских озер.

Содержание растворенного кремния (Si) в водах озера очень высоко и в значительной степени колеблется от года к году. Характерно, что эти колебания как в кратере Токарева, так и в центральной части озера, происходят синхронно. В 2004 г., когда концентрация остальных биогенов заметно падает и стабилизируется, содержание кремния близко к максимальным значениям. Вероятно, это связано с мощным флуктуирующим вулканогенным потоком этого элемента.

Так в чем же отличия абиотических условий в оз. Карымское (центральная часть) после извержения с аналогичными характеристиками его до извержения и озер Державина и Ульяновское, водоемов с процветающим планктонным диатомовым комплексом? Выборку данных провели для поверхностного слоя воды в безледный период (лето-начало осени).

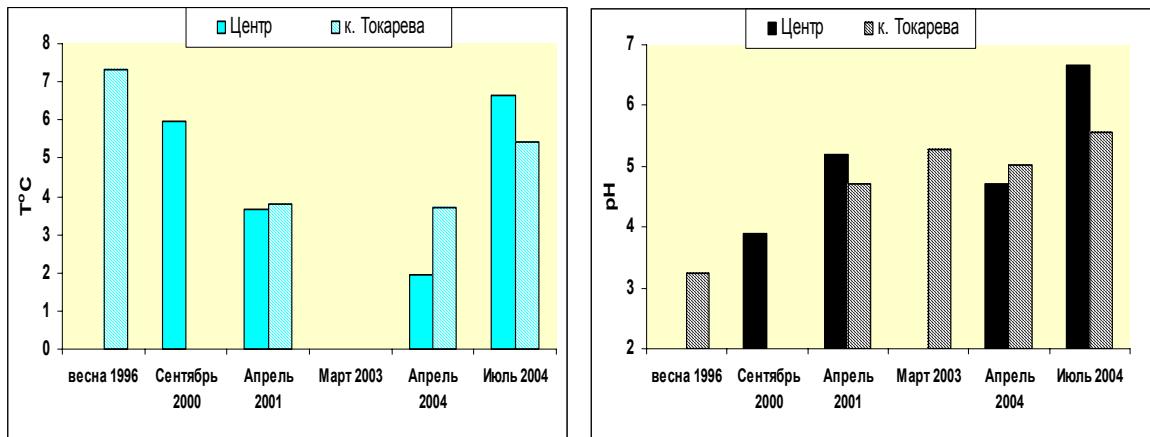


Рис. 2. Сезонная и многолетняя динамика абиотических факторов в центральной части оз. Карымского и кратера Токарева

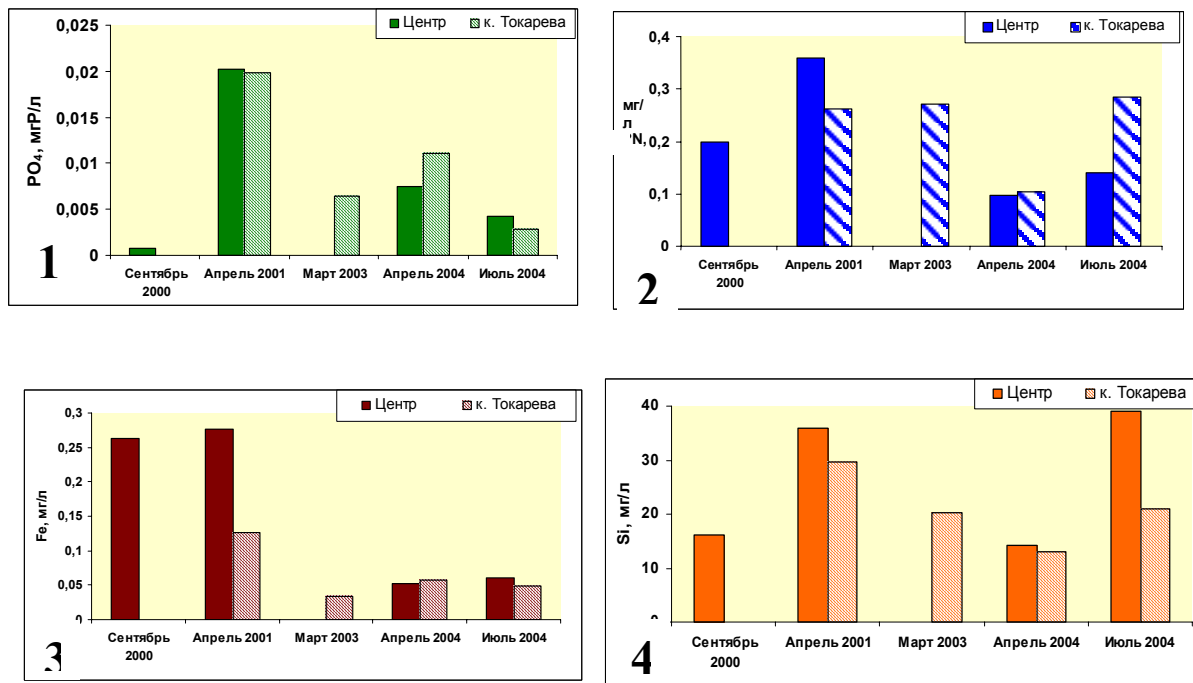


Рис. 3. Сезонная и многолетняя динамика биогенных элементов в центральной части озера Карымское и кратера Токарева; 1 - PPO₄, 2 - сумма N, 3 - Fe, 4 - Si

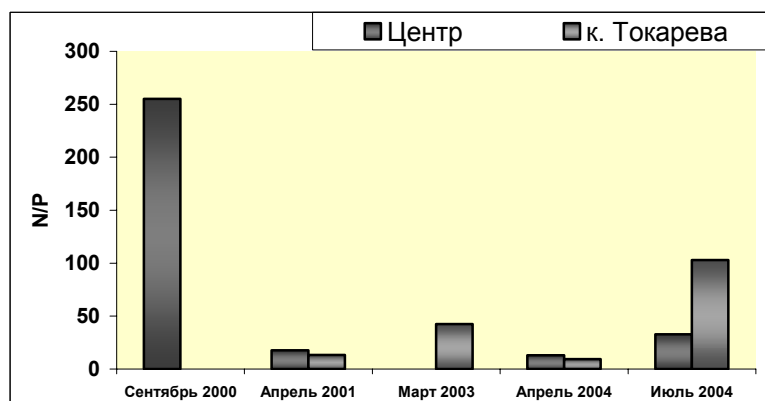
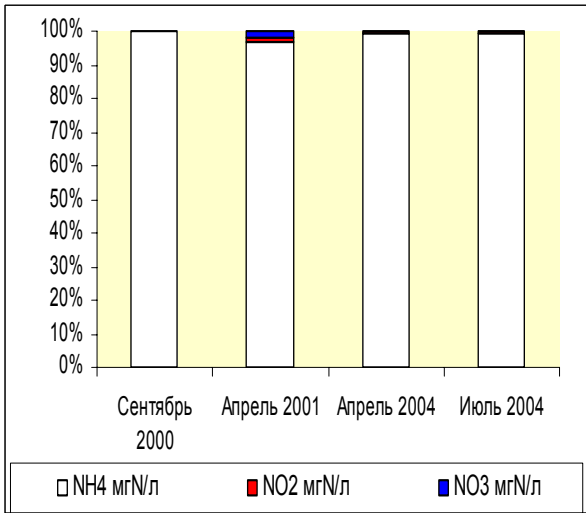
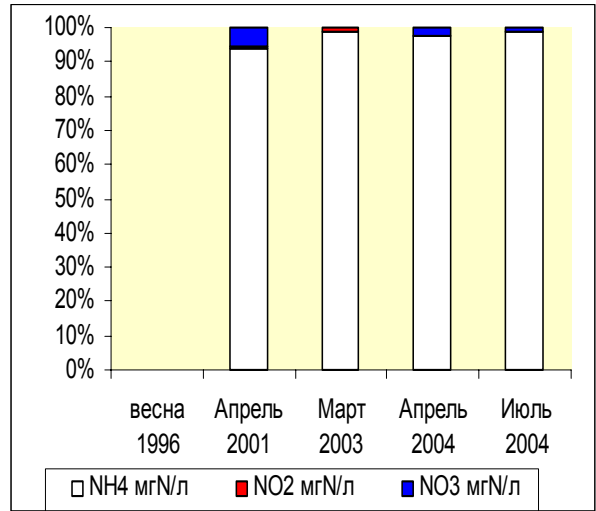


Рис. 4. Соотношение суммы форм минерального азота к минеральному фосфору; N/P > 7



Центральная часть озера Карымское



Центр кратера Токарева

Рис. 5. Относительное содержание форм минерального биогенного азота в центральной части оз.Карымское и кратера Токарева; NH₄ - превалирующая форма

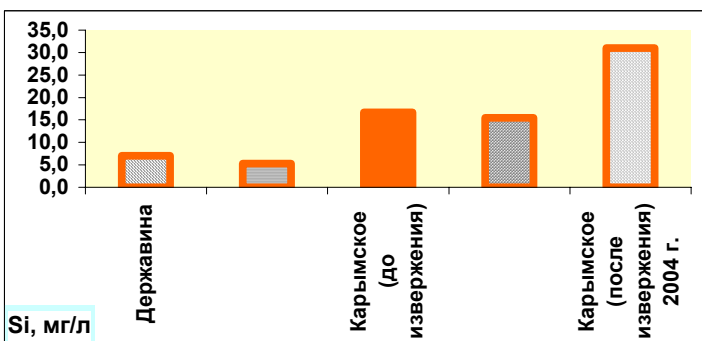
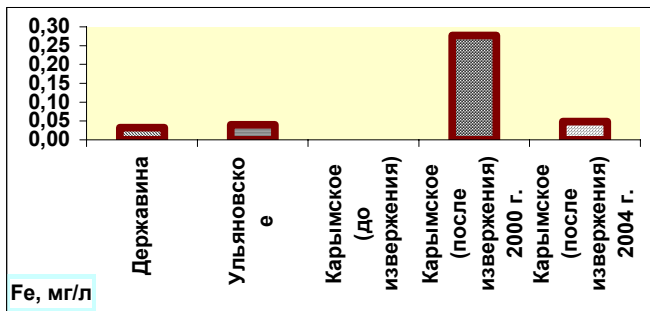
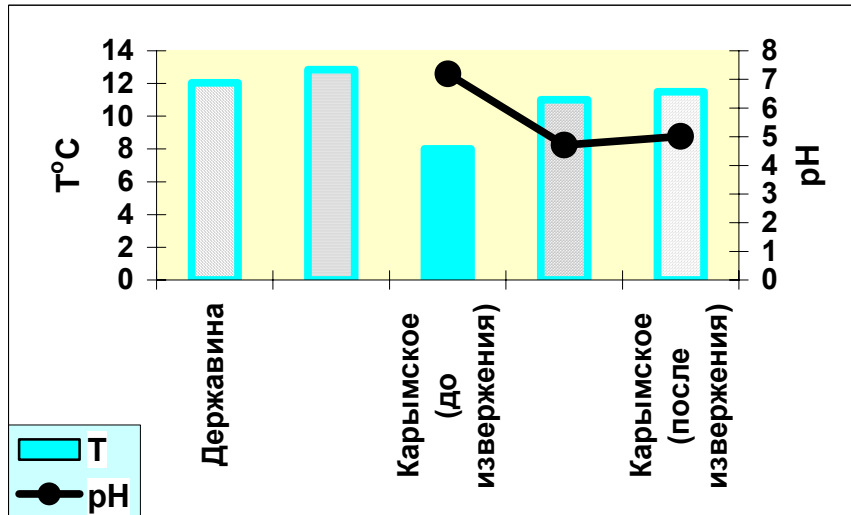


Рис. 6. Температура, pH, содержание биогенных железа и кремния в поверхностном слое воды озер Державина, Ульяновское, Карымское до и после извержения

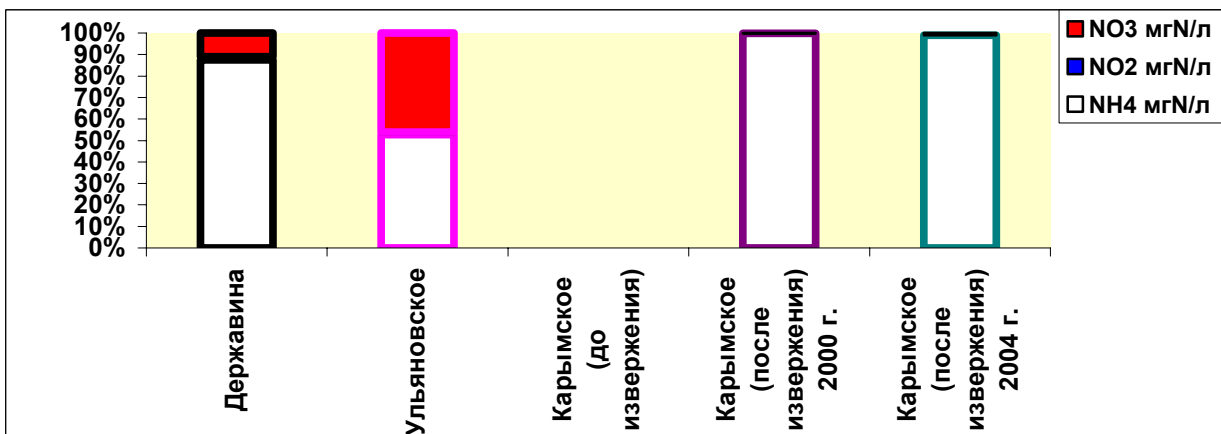
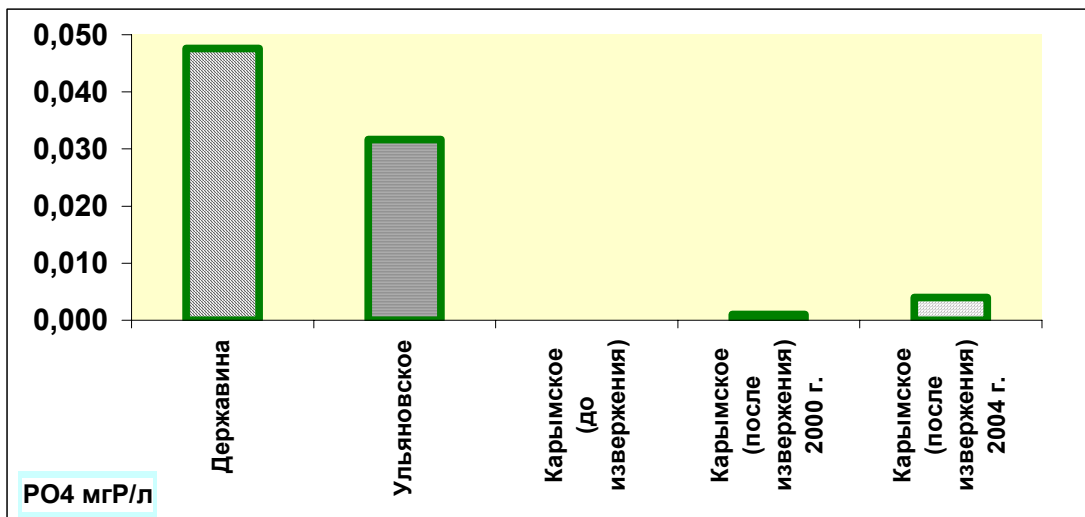
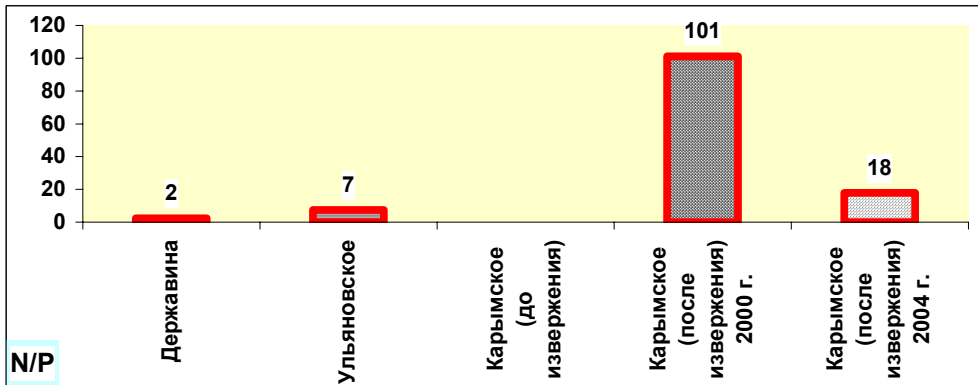
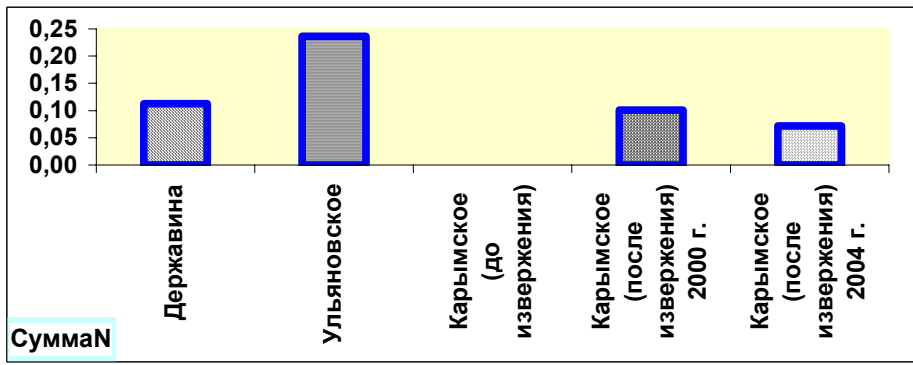


Рис. 7. Сумма форм биогенного азота, содержание фосфора, соотношение биогенного азота к фосфору и относительное содержание форм биогенного азота в поверхностном слое воды озера Державина, Ульяновское, а также Карымское после извержения

Таблица 1. Содержание биокomпонентов в водной толще оз. Карымское

№ п/п	№ пробы	Дата отбора	Место отбора	Глубина м	Т°С	pH	Значения содержания биокomпонентов, в мкг/л					
							PO ₄	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Fe	Si
1	1-01	10.04.00	руч. Горячий	0	23-24	8.68	183.28	399.60	10.373	2.3	418.0	34313.0
2	6-00Л	12.04.00	руч. Горячий	0	35.0	6.0	331.0	811.0	1.1	2.5	196.0	16070.0
3	1-01к	11.07.01	исток руч. Горячего (п-ов Новогодний)	0	38.0	7.00	180.0	518.0	3.4	2.3	211.2	32918.0
4	04-03 EL	28.03.03	верхнее течение руч. Горячий	0	47.0	6.00	115	598	5.5	0	64.9	23895.0
5	02-03 EL	28.03.03	средн. часть течения руч. Горячий (п-ов Новогодний)	0	68.0	6.00	85.04	927	13.8	-	49.7	22125.0
6	4-04 EL	13.04.04	4-04 EL	0	-	-	80.9	434	11.1	0	80.6	14302.0
7	-	13.04.04	руч. Горячий	0	-	-	100.4	325.5	18	0	83.6	15009.0
8	3	25.07.04	средн. часть течения руч. Горячий (п-ов Новогодний)	0	75.0	-	33.3	-	25.7	<10.0	<50.0	70375.0
9	6	25.07.04	правый берег руч. Горячий т.н. № 1	0	20.0	-	57.8	-	34.7	-	-	-
10	27	25.07.04	руч. Горячий	0	65.3	7.50	53.4	516.0	22.8	<10.0	57.8	61171.0
11	4-01к	11.07.01	IV - Большая воронка	0	23.0	7.70	139.2	222.0	11.27	7.13	418.0	16437.0
12	1-00Л	12.04.00	южное обрамление п-ова Новогодний (002 -S)	0	-	4.0	23.2	69.0	1.4	33.8	77.0	16330.0
13	8-01к	10.04.01	т.н. 6 с-в часть кратера Токарева	0	-	-	55.7	311.0	2.3	23.5	189.2	30520.0
14	9-01к	10.04.01	в 25 м от северного края кратера Токарева	0	-	-	80.0	229.0	0	2.8	162.8	30302.0
15	10-01к	10.04.01	в 50 м от северного края кратера Токарева	0	-	-	191.4	411.0	4.6	0.9	193.6	29866.0
16	3-01	11.07.01	северный берег кратера Токарева	0	50.8	7.66	110.2	111.0	1.15	3.45	83.6	32133.0
17	11-01к	10.04.01	S1 - центральная часть подводного кратера Токарева	0	0.25	4.76	30.2	203.5	3.4	49.0	206.8	28471.0
18	12-01к	10.04.01	то же	5	3.3	4.78	17.4	237.0	2.3	26.0	198.0	29386.0
19	14-01к	10.04.01	то же	20	4.2	4.82	11.6	241.0	2.1	15.2	101.2	30128.0
20	18-01к	10.04.01	то же	25	4.05	4.56	22.6	244.0	2.5	4.8	118.8	29430.0
21	17-01к	10.04.01	то же	50	4.2	4.69	23.2	270.0	2.5	7.6	79.2	30128.0
22	-	28.03.03	S1 - центральная часть подводного кратера Токарева	0	-	6.17	13.4	150	2.8	5	11.5	19293.0
23	-	28.03.03	то же	10	-	5.25	7.3	299	3.2	0	0	19647.0
24	-	28.03.03	то же	20	-	5.25	3.7	322	3.4	0	0	20709.0
25	-	28.03.03	то же	30	-	5.28	6.1	299	3.2	0	15.3	20355.0
26	-	28.03.03	то же	40	-	5.17	4.9	266	3.2	0	26.7	20426.0
27	-	28.03.03	то же	50	-	5.00	6.1	243	3	0	61.1	21063.0
28	-	28.03.03	то же	57	-	4.98	7.3	168	3	0	26.7	20001.0
29	-	15.04.04	S1 - центральная часть подводного кратера Токарева	0	-	6.17	63.7	465	0.2	14.8	24.3	10266.0
30	-	16.04.04	то же	5	-	-	9.8	34.1	0.27	8.45	18.2	12814.0
31	-	16.04.04	то же	7	-	-	9.8	32.6	0	5	63.8	12531.0
32	-	15.04.04	то же	10	-	5.11	9.8	34.1	0.1	3.15	30.4	12390.0
33	-	16.04.04	S1 - центральная часть подводного кратера Токарева	15	-	-	7.4	170.5	0.45	0	42.6	13239.0

продолжение таблицы 1

№ п/п	№ пробы	Дата отбора	Место отбора	Глубина м	Т°С	pH	Значения содержания биоконпонентов, в мкг/л						
							PO ₄	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Fe	Si	
34	-	15.04.04	то же	20	-	5.54	5.4	43.4	0.1	5.75	0	38	13239.0
35	-	15.04.04	то же	30	-	5.62	6.4	46.5	0.5	0	0	22.8	13522.0
36	-	16.04.04	то же	40	-	4.93	14.7	100.8	0	0	0	91.2	13522.0
37	-	16.04.04	то же	50	-	4.94	7.4	137.9	0	0	0	10.5	13452.0
38	-	15.04.04	то же	58	-	4.86	7.4	108.5	0	0	0	15.2	13239.0
39	58	25.07.04	S1 - центральная часть подводного кратера Токарева	0	10.7	5.4	<3.0	54.3	0.6	0	0	<50.0	29878.0
40	59	25.07.04	то же	10	7.2	5.47	<3.0	68.2	<0.5	0	0	<50.0	29736.0
41	60	25.07.04	то же	20	5.7	5.09	<3.0	41.9	<0.5	<10.0	0	<50.0	-
42	61	25.07.04	то же	30	4.2	5.87	<3.0	38.8	0	0	0	<50.0	32285.0
43	62	25.07.04	то же	40	4.1	5.69	<3.0	54.3	<0.5	<10.0	0	<50.0	-
44	63	25.07.04	то же	50	3.6	5.74	<3.0	1059.0	<0.5	0	0	<50.0	33134.0
45	64	25.07.04	то же	59	4.6	5.69	0	942.0	<0.5	0	0	<50.0	33559.0
46	4-00Л	12.04.00	исток р. Карымской	0	1.0	4.0	10.0	78.0	0	0	0	114.0	16250.0
47	-	13.04.04	р. Карымская	0	-	-	17.1	116.2	0.5	4.5	0	48.6	13027.0
48	128-00	25.09.00	S2 - центральная часть оз. Карымское	5	10.59	4.79	1.1	115.0	0.2	0	0	277.0	15899.0
49	127-00	25.09.00	то же	10	10.44	4.58	0	140.0	0	0	0	286.0	17859.0
50	126-00	25.09.00	то же	15	10.31	4.50	1.1	106.0	0	0	0	286.0	19384.0
51	124-00	25.09.00	то же	30	4.23	4.10	1.1	337.0	0	0	0	286.0	17424.0
52	125-00	25.09.00	то же	40	4.23	4.20	0	240.0	0.2	0	0	308.0	16988.0
53	122-00	25.09.00	то же	50	4.28	4.17	2.3	256.0	0	0	0	295.0	18208.0
54	19-01к	13.04.01	S2 - центральная часть оз. Карымское	0	0.1	4.37	23.2	259.0	2.3	7.8	0	321.2	30520.0
55	20-01к	13.04.01	то же	5	1.7	4.30	11.6	278.0	4.6	9.2	0	215.6	30302.0
56	22-01к	13.04.01	то же	20	2.5	4.27	12.8	307.0	2.3	7.4	0	242.0	29517.0
57	26-01к	13.04.01	то же	60	7.9	4.43	24.4	277.5	2.3	3.9	0	211.2	30128.0
58	2-01	12.07.01	S2 - центральная часть оз. Карымское	0	3.42	4.00	2.23	810.3	0	0	0	198.88	29081.0
59	5-01	12.07.01	оз. Карымское	20	3.8	4.00	3.48	281.4	0	3.22	0	79.2	29299.0
60	6-01	12.07.01	оз. Карымское	40	3.82	4.00	5.8	303.4	0	0	0	118.8	29517.0
61	7-01	12.07.01	оз. Карымское	60	4.42	4.00	1.16	296.0	0	0	0	88.0	29997.0
62	-	15.04.04	S2 - центральная часть оз. Карымское	5	-	5.08	7.4	186	0	0	0	28.9	13096.0
63	-	22.04.04	то же	7	-	-	5.4	170.5	0.63	1.65	0	38	13239.0
64	-	15.04.04	то же	10	-	4.59	4.9	77.5	0.45	0	0	30.4	12956.0
65	-	22.04.04	то же	15	-	-	8.8	279	1.8	0	0	53.2	12673.0
66	-	15.04.04	то же	20	-	4.65	4.9	38.8	0.09	0	0	30.4	12673.0
67	-	22.04.04	то же	30	-	4.96	7.4	69.8	0	0	0	31.9	13239.0

продолжение таблицы 1

№ п/п	№ пробы	Дата отбора	Место отбора	Глубина м	Т°С	pH	Значения содержания биокomпонентов, в мкг/л					
							PO ₄	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Fe	Si
68	-	22.04.04	то же	40	-	5.31	10.8	54.2	0.18	0	38	13096.0
69	-	22.04.04	то же	50	-	4.76	4.9	55.8	0	0	7.6	12814.0
70	-	15.04.04	то же	60	-	5.34	4.4	85.2	0	0	15.2	13098.0
71	65	25.07.04	S2 - центральная часть оз. Карымское	0	11.5	5.01	4.4	71.3	0.8	0	< 50.0	31010.0
72	66	25.07.04	то же	10	8.0	5.46	<3.0	51.2	0.8	0	< 50.0	31435.0
73	67	25.07.04	то же	20	6.0	5.46	3.4	63.6	0.7	0	< 50.0	31435.0
74	68	25.07.04	то же	30	3.5	5.36	<3.0	52.7	0.6	0	< 50.0	31435.0
75	69	25.07.04	то же	40	4.6	5.36	<3.0	144.0	0.5	0	< 50.0	31577.0
76	70	25.07.04	то же	50	3.1	5.34	3.9	167.0	0.5	0	< 50.0	32002.0
77	71	25.07.04	то же	62	3.2	5.37	3.9	268.0	0.6	0	< 50.0	32002.0
78	121-00	25.09.00	южная часть озера Карымского в 50 м от берега	0	11.4	4.63	0	87.0	0	0	277.0	15028.0
79	120-00	25.09.00	южная часть озера Карымского в 50 м от берега	15	-	4.79	2.3	140.0	0	0	308.0	17293.0
80	24	25.07.04	ист. Академии Наук (Вост. группа - ист. Печка)	0	-	-	27.4	-	25	-	-	-
81	26	25.07.04	то же (Вост. группа, западный слив из бассейна)	0	-	-	17.6	-	28.5	-	-	-

- - нет данных; № п/п 1-16 см. на рис.1 в статье Николаевой и др. в настоящем сборнике

Таблица 2. Биогенные микроэлементы в воде озер

Микроэлементы, мг/л	оз. Державина		оз. Ульяновское		оз. Карымское	
	До извержения	После извержения (2004 г.)	До извержения	После извержения (2004 г.)	До извержения	После извержения (2004 г.)
Na	4.4	11	14.2	76.8	14.2	76.8
K	<0.1	1.3	1.7	8.1	1.7	8.1
Li	<0.03	<0.03	0.032	0.1	0.032	0.1
Ca	4.6	21	3.6	27	3.6	27
Mg	1.8	2.5	3.2	7.9	3.2	7.9
S _{общая}	0.53-15.0	6.0-9.7	-	54.4	-	54.4
Cu	<0.1	<0.1	-	0.014	-	0.014
Zn	<0.1	<0.1	-	0.13	-	0.13
Mn	0.025	0.02	-	0.057	-	0.057

Биогены определялись общепринятыми методами [1], микроэлементы в водах озер Державина и Ульяновское – ЦХЛ ООО "Камчатгеология", оз. Карымское – в Объединенном институте геологии, геохимии и минералогии СО РАН.

Температура воды во всех сравниваемых озерах является оптимальной для развития диатомовых и не может служить препятствием для их проявления в оз. Карымское. Слабокислый показатель рН в фотическом слое может являться ингибирующим фактором для развития алкалифильных диатомей структурообразующего комплекса докатастрофического периода.

Фосфатного фосфора в озерах Дикого Гребня на порядок больше, чем в оз. Карымское после извержения, его концентрации 0.001-0.004 мг/л обычны для экосистем лососевых озер и могут восполняться за счет фосфорного рециклинга. Сумма форм биогенного азота в озерах приблизительно одинакова, но из-за различий в концентрации фосфора такой важный показатель, как отношение минерального азота к минеральному фосфору (N/P), существенно различается, хотя и остается больше 7, исключая оз. Державина, где кроме диатомовых обильно развивается желтозеленая водоросль *Tribonema* sp. Озера отличаются также по соотношению форм биогенного азота. В оз. Карымское практически 100% принадлежит азоту аммония. В оз. Державина, несмотря на превалирующее содержание аммония, 10% стабильно занимает нитратный азот, а в оз. Ульяновское к нему относится уже 50% биогенного азота.

В 2000 г., через 4 года после извержения, содержание железа в воде оз. Карымское более чем в 5 раз превышало его концентрацию в 2004 г. по прошествии восьми лет после извержения. Последние данные показали, что количество железа в воде соответствует его содержанию в озерах с хорошо развитыми планктонными комплексами диатомовых.

По содержанию кремния оз. Карымское и до извержения выделялось среди вулканических озер. Вероятно, это было связано с постоянным поступлением в воду пеплов от регулярно извергающегося вулкана Карымский. За 7 лет, прошедших после катастрофы, концентрация кремния в оз. Карымское так и не стабилизировалась и в 4.5-6 раз превышает этот показатель в озерах Дикого Гребня, что заставляет задуматься о проблеме избыточной концентрации кремния, даже в отношении диатомовых.

Несмотря на то, что микроэлементный состав вод озер имеет свои особенности, в оз. Карымское до извержения он незначительно отличался от озер Державина и Ульяновское. Через 7 лет после извержения, в 2004 г., микроэлементный состав вод оз. Карымское заметно отличается как от такового в озерах Дикого Гребня, так и собственно оз. Карымское до извержения. Концентрация Na в 7-17 раз выше, чем в озерах Ульяновское и Державина, и в 5 раз, чем в оз. Карымское до извержения. Концентрация K увеличилась в 8 раз, Li - в 30 раз, Mg - более чем вдвое. По сравнению с озерами, где существуют мощные сольфатарные проявления, концентрация общей серы в оз. Карымское через 7 лет после извержения остается весьма высокой, превышая в 7 раз содержание этого элемента в оз. Ульяновское. Также следует отметить несколько повышенные концентрации Cu, Zn и Mn в оз. Карымское после извержения, по сравнению с другими озерами.

Выводы

Концентрация биогенных элементов в водной толще оз. Карымское аналогична таковой в озерах с развитым планктонным комплексом диатомей (Ульяновское, Державина).

Соотношение минеральных форм биогенного азота к фосфору в оз. Карымское больше 7, при этом биогенный азот представлен исключительно аммонием.

Концентрация большинства биогенных микроэлементов оз. Карымское в общем мало отличается от таковой других озер, связанных с вулканизмом.

В центральной части оз. Карымское значение рН в столбе воды от поверхности до дна приближается к субнейтральному, а температура - к оптимуму развития диатомового планктона.

Комплекс абиотических факторов (слабокислый рН, азот в форме аммония и, вероятно, сравнительно высокие концентрации Na, K, Li, Mg) ингибирует развитие диатомового планктонного сообщества, но не препятствует росту зеленой водоросли *Choricystis chodatii*.

Заключение

В оз. Карымское впервые прослежен пятилетний процесс восстановления комплекса абиотических факторов (температура, рН, концентрация микро- и макробиогенных элементов), который еще не закончен, т.к. на данном этапе не наблюдается восстановления сообщества планктонных водорослей, характерных для многовекового периода (до извержения 1996 г.).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта ДВО РАН № 03-3-А-05-063 «Восстановление биоты в посткатастрофический период извержения вулканов».

Список литературы

1. *Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А.* 1973. Руководство по практическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 269 с.
2. *Вергасова Л.П., Карпов Г.А., Лупкина Е.Г. и др.* Постэруптивная деятельность в кальдере Академии Наук (Камчатка): минеральные новообразования, содержание радона в спонтанных газах и биотические изменения // *Вулканология и сейсмология*. 1998. № 2. С. 49-65.
3. *Карпов Г.А., Лупкина Е.Г.* Биогеохимические аспекты подводного извержения 1996 г. в кальдере вулкана Академии Наук на Камчатке // *Тезисы докладов I Международной научной конференции «Вулканизм и биосфера»*. Туапсе: Туапсинский региональный научный центр школьного краеведения, 1998. С. 62-63.
4. *Куренков С.И.* Недолгая история популяции кокани оз. Карымское // *Тезисы докладов I Международной научной конференции «Вулканизм и биосфера»*. Туапсе, 12-15 мая 1998 г., 1998. С. 65-66.
5. *Куренков С.И.* Влияние пеплопадов вулкана Карымский на фито- и зоопланктон оз. Карымское // *Тезисы докладов I Международной научной конференции «Вулканизм и биосфера»*. Туапсе, 12-15 мая 1998 г., 1998. С. 63-64.
6. *Лепская Е.В.* Фитопланктон Толмачевского водохранилища в начальной стадии его существования // *Доклады III научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»* 26-27 ноября 2002 г. Петропавловск-Камчатский, 2002. С. 80-86.
7. *Лепская Е.В.* Фитопланктон в экосистеме озера Курильское: Автореф. дис. ... кандидата биологических наук. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО, 2004. 23 с.
8. *Лупкина Е.Г.* Итоги восьмилетнего мониторинга альгоценозов Карымского озера в посткатастрофический период (1996-2003 гг.) // *Ботанические исследования на Камчатке*. Вып.1. Петропавловск-Камчатский, 2004. С. 122-130.
9. *Фазлуллин С.М., Ушаков С.В., Шувалов Р.А. и др.* Подводное извержение в кальдере Академии Наук (Камчатка) и его последствия: гидрологические, гидрохимические и гидробиологические исследования // *Вулканология и сейсмология*. 2000. № 4. С. 19-32.
10. *Федотов С.А., Озеров А.Ю., Магуськин М.А. и др.* Извержения Карымского вулкана в 1998-2000 гг., связанные с ним сейсмические, геодинамические и поствулканические процессы, их воздействие на окружающую среду // *Катастрофические процессы и их влияние на природную среду*. Т. 1. Вулканизм. М., 2000. С. 154-160.