

НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ по программе РАН

1. Раздел I, группа 0.
2. Восстановление биоты в посткатастрофический период извержений вулканов.
3. Биосфера, как сложная наружная оболочка Земли, населенная разнообразными организмами, во всех трех своих составляющих – атмосфере, гидросфере и литосфере испытывает мощное воздействие вулканической деятельности на протяжении всей геологической истории нашей планеты.

В настоящее время масштабы вулканической деятельности на Земле весьма значительны. Так, по данным В.И. Влодавца за первые три четверти XX столетия произошло 1500 извержений из 320 вулканов. Особенно часто происходят извержения вулканов в Тихоокеанском регионе – на Аляске, Гавайях, Камчатке, Курилах, Японии, Филиппинах, Индонезии. Причем, интенсивность современной вулканической деятельности на Камчатке одна из наиболее высоких в Мире.

Причем, например, для многих камчатских вулканов характерна мощная взрывная деятельность, с выносом вулканического материала в верхние зоны стратосферы, разносом вещества на большие расстояния, что оказывает воздействие как на региональное, так и глобальное запыление атмосферы и изменение природной среды и климата Земли. Кроме того, ряд вулканов (преимущественно андезитового состава) характеризуются explosивными катастрофическими – пелейским, безымянским и этно-везувианским типами извержений, при которых образуются т.н. «палящие тучи», направленно выбрасываемые вулканом, сжигающие и погребаяющие под раскаленным веществом все живое. В итоге этих извержений образуются громадные кальдеры и шлаковые пустыни.

В голоценовое время четыре таких мощных извержения произошли на вулкане Ксудач (Южная Камчатка). В 1956 г. вулканологам удалось наблюдать такое извержение на в. Безымянном, а в 1964 г. – на в. Шивелуч. В 1973 г. произошло катастрофическое извержение в. Тятя (о. Кунашир). В 1975-76 гг. опустошительное извержение гавайского типа произошло южнее в. Плоский Толбачик. В 1996 г. подводное извержение в кальдере вулкана Академии Наук привело к катастрофическим последствиям для озерной биоты и окружающей среды Карымского района Камчатки.

Исходя из актуальности проблемы для Камчатки, объектами исследований были водные и наземные биоценозы, состояние речных и озерных бассейнов и почв на территории исторических катастрофических извержений вулканов на Камчатке (рис.1) и в других регионах Пацифики (по результатам личных исследований и по литературным данным), для которых такие события не редки.

Целью работы были комплексные фундаментальные исследования влияния катастрофических извержений вулканов на окружающую среду, выявление геохимических факторов сукцессий, и стадий восстановления биоты в посткатастрофический период извержений вулканов.

4. В задачи исследований входило проведение мониторинга биологических сукцессий под влиянием закисления и осолонения водоемов, вызванных катастрофическими извержениями вулканов (пеплопадом, лахарами, поступлением эндогенных флюидов), выявление геохимических аномалий в ландшафтных системах, термальных источниках, кратерных озерах в посткатастрофический период активности вулканов, обобщение материалов о воздействии вулканизма на экосистемы прилегающих к вулканам территорий.

Поставленные в проекте задачи в 2003 г. были выполнены полностью. Но в процессе работы выявились новые направления исследований, которые при их продолжении могут дать новые фундаментальные результаты.

5. Комплексные исследования влияния катастрофических извержений вулканов на биоту сопредельных территорий показали следующее:

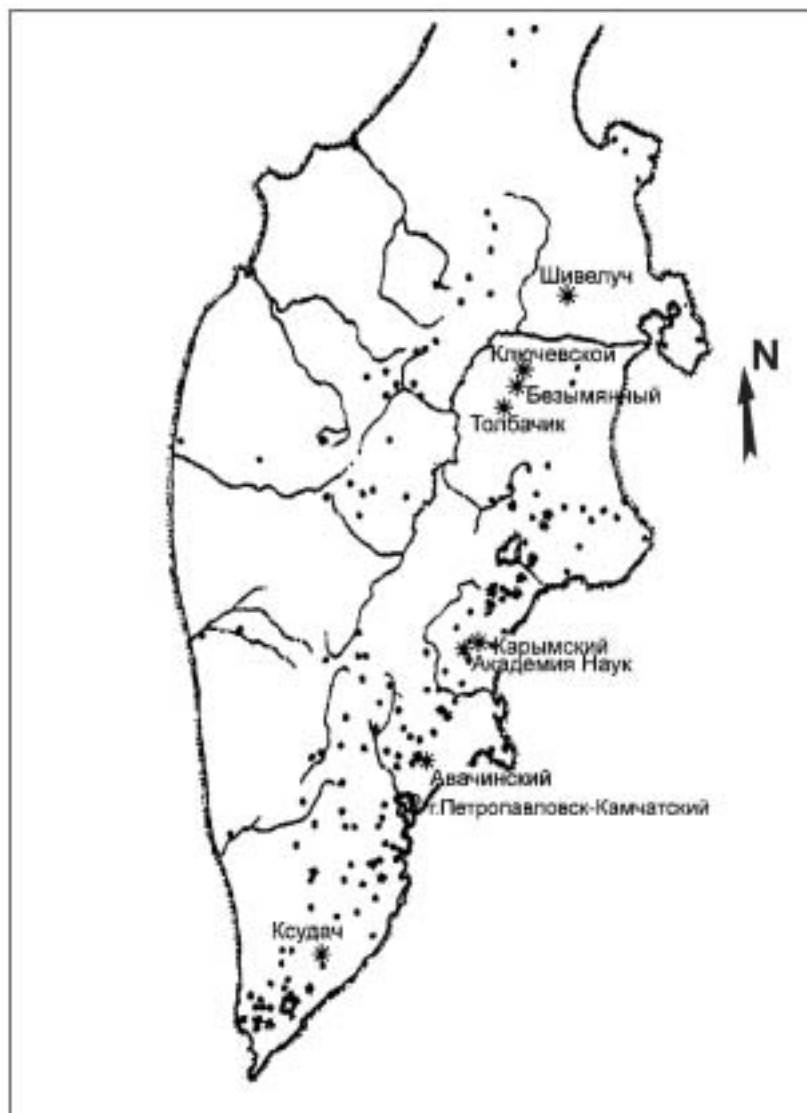


Рис. 1 Карта расположения вулканов на Камчатке.
Крупными звездочками показаны вулканы, отличающиеся катастрофическими извержениями.

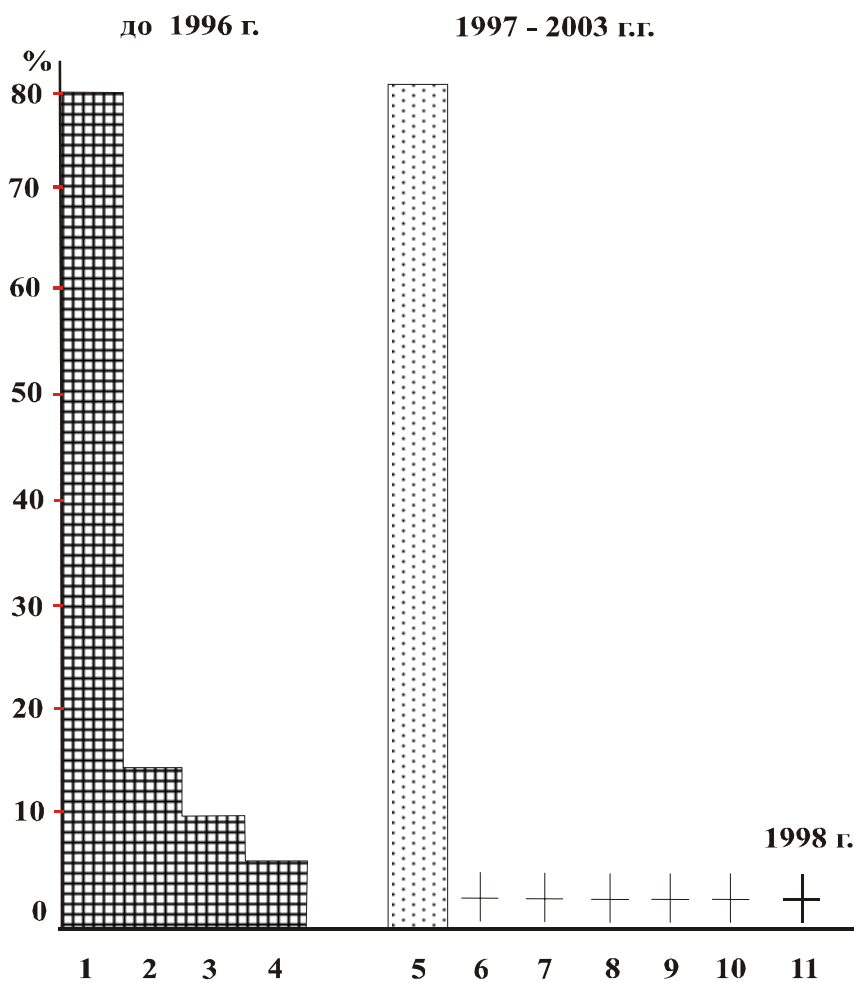
- Подводные фреато-магматические извержения (типа Карымского) приводят к ацидификации воды, полному уничтожению ихтиофауны, сукцессии биоты и чрезвычайно медленному ее восстановлению, прежде всего через альго-бактериальные сообщества. Длительное время в районе извержения наблюдаются повышенные содержания тяжелых металлов (Cu, Zn, As, Cd, Hg) в воде, осадках и в живых организмах.
- В результате изменения абиотических процессов, связанных с подводным вулканизмом, первопоселенцами в озерных бассейнах являются не сине-зеленые, а зеленые водоросли, развившиеся в Карымском озере спустя 3 года после катастрофического извержения в значительных количествах (до 3 кг/м² сырого веса). Среди планктонных биоценозов спустя 8 лет после катастрофического извержения (в 2003 г.) зафиксировано массовое развитие *Choricystis chodatii* (Jaag) Fott. (Chlorophyta), ранее не отмечавшейся в озере, и локальное присутствие *Aulacosira cf. italica*.
- Видовой состав цианофицей в гидротермах Камчатки не зависит от содержания токсичных металлов (Hg, Pb, Cd) в водах, коррелируясь в основном с pH и температурой.
- Из 22 определенных типоморфных элементов, поступающих в атмосферу, гидросферу и педосферу вулканических зон Камчатки с извержениями вулканов и гидротермами, по накоплению их в термофильных альго-бактериальных матах выделяются следующие:

щие 4 группы: 1. Высокоактивные – Mn, K, Ti, Sr, As, Rb, V, Cu, Pb, Cd; 2. Среднеактивные – Zn, Ni, Y, Ga, Mo; 3. Низкоактивные – Br, J, Sb, Sn; 4. Элементы широких вариаций концентраций – Cr, Ge, Ag. Можно предположить, что концентрационная функция биоты, в первую очередь термофильных микроорганизмов, заключается в выводе из кругооборота токсичных элементов – в первую очередь Pb, Cd, Hg, Sr и элементов с атомным весом более 55, не являющимися активаторами ферментов. В этом смысле опережающее развитие прокариот, выполняющих роль маргинальных фильтров, является своеобразным законом природы, направленным на сохранение окружающей среды.

- После наземных базальтовых извержений (типа БТТИ) лишайники, мхи и даже высшие сосудистые растения начинают поселяться на пораженной территории через 8-10 лет, причем наблюдается зависимость скорости восстановления от состава и гранулометрии изверженного материала, а также от абсолютной высоты местности. Получен усредненный график восстановления растительности в зависимости от степени уплотнения материала и других характеристик.
 - Катастрофические извержения вулканов пемзового и андезитового состава приводят к длительному (сотни лет) поражению биоты на больших площадях. Основными причинами такого явления могут быть большая мощность и масса пемзовых извержений, высокая газонасыщенность (в первую очередь сернистыми соединениями) андезитовых магм, физико-механические свойства изверженного материала и ацидификация почв.
 - Заслуживает внимания выявленный нами процесс массового развития альго-бактериальных матов в термальных источниках при высоких содержаниях в термальной воде токсичных тяжелых металлов.
 - Обнаружен новый тип хемолитотрофного анаэробного микроорганизма, использующего окись углерода вулканического происхождения в качестве источника энергии и выделяющего водород.
 - В свободных газах новых термальных источников в районе кальдеры Академии Наук обнаружено наличие большой группы углеводородов – фреонов (трихлорфторметан, дихлорметан, трихлорметан, тетрачлоруглерод, сероуглерод, этилбензол и другие высокомолекулярные углеводороды).
6. Новизна полученных результатов исследований особенно очевидна в области изучения биологических сукцессий (альгологических, беспозвоночных, простейших), которые коррелируются с динамикой гидрогеологических процессов. Так установлено, что после тотального уничтожения всей биоты в результате подводного извержения 1996 г. в огромном (4 x 4 км²) озере Карымском, уже через 1,5 года в литоральной зоне, в пределах фотического слоя со слабокислым значением pH, доминировали зеленые – бесцветные жгутиковые формы Chlorophyta и присутствовали немногочисленные представители Euglenophyta. (рис.2) **Это явление в озерах Камчатки ранее не отмечалось.** В эпиплите с весенне-летнего периода 1994 г. (т.е. на 4-й год после извержения) доминирующее положение заняли нитчатые формы зеленых водорослей – *Ulothrix* sp. с сопутствующими *Microspora tumidula* Hazen *Enteromorpha intestinalis* (L) Link. (рис.3) **Ранее эта группировка в озере также не отмечалась.** Открытием является обнаружение холмообразных колоний сине-зеленых водорослей и нового вида анаэробных карбоксидотрофных бактерий в зоне подводной разгрузки гидротерм в пресноводном бассейне(рис.4).

Ацидификация вод Карымского озера, вызванная фреатомагматическим эпизодом 1996 г. и продолжающимся поступлением эндогенного флюида, представляется определяющим сдерживающим фактором развития диатомовой флоры. Именно эта группа численно адекватно реагирует на уменьшение величины pH.

В этом отношении является показательной высокая численность (в марте 2003 г. до 62 млн. клеток) в планктоне *Charicystis chodatii* (Jaag) Fott, характерного для почвенного биотопа (Андреева, 1998) и не отмечавшегося в озере ранее.



Bacillariophyta

- 1 - *Aulacosira italica*
- 2 - *Asterionella gracillima*
- 3 - *Cyclotella bodanica* + *C. tripartita*
- 4 - *Stephanodiscus cf. invisitatus*

В фотическом слое озера

Chlorophyta, Euglenophyta

- 5 - *Chlamydomonas sp.* + *Euglena sp.*

Цианопрокарота

- 6 - *Mastigocladus laminosus*
- 7 - *Synechocystis parvula*
- 8 - *Synechococcus cf. elongates*
- 9 - *Gloeocapsa minuta*
- 10 - *Phormidium sp. sp.*

В приповерхностном слое прибрежной зоны озера

Bacillariophyta

- 11 - *Aulacosira cf. italica*

Локально в приповерхностном слое прибрежной зоны юго-восточного сектора озера

+ + - Единичные экземпляры

Рис. 2. Гистограмма альгофлоры Карымского озера



Рис. 3 Колонии нитчатых зеленых водорослей на глубине 0,4-0,8 м по периферии западного склона кратера Токарева (а) и в реке Карымской (б).
Фото А.С.Грекова

Представители простейших – сувойка, парамеции (*Paramecium*) эпизодически наблюдались с 1998 г. редкими экземплярами в нейстоне и озерной пене в прибое по береговой кромке озера (шириной до 5 м) близ термальных источников Академии Наук. В 2003 г. единичные экземпляры сувойки и парамеции наблюдались в отстойных планктонных мартовских и июльских пробах. При культуральных исследованиях январских проб с *Charicystis chodatii* В.М. Андреевой наблюдалось его поедание названными простейшими (что является примером новой сукцессии и восстановления или формиро-



Рис 4 Колонии сине-зеленых водорослей в зоне подводной разгрузки в кратере Токарева на глубине 8-10 м. Фото А.С. Грекова.

1. Караваяподобная постройка сине-зелёных над газовым выходом
2. Островерхия постройка сине-зеленых водорослей

вания одного из первых звеньев трофической цепи в посткатастрофический период существования озера).

Впервые нами описан таксономический состав альгофлоры озера, восстанавливающегося после катастрофического извержения.

Всего идентифицировано 108 видов водорослей, относящихся к 58 родам 32 семейств, 6 отделов (табл.1). В целом, основные альгоценозы оз. Карымское – планктонный и бентический на восьмом году после катастрофического эпизода имеют аллохтонный характер. Автохтонными представляются группировки мелких водоемов (луж) на расширившейся пляжной зоне и в зоне высачивания гидротерм на термальных площадках.

Таблица 1. Таксономический состав альгофлоры оз. Карымское (на 2003г.)

отдел	семейства	род	вид	внутривидовые таксоны
1. Cyanoprocarvota	10	21	46	54
2. Chlorophyta	7	11(+1?)	12(+1?)	
3. Xanthophyta	1	1	1	
4. Euglenophyta	1	3	4	
5. Bacillariophyta	12	22	43	55
6. Chrysophyta	1	?	2	
ИТОГО:	32	58	108	109

Автохтонный планктонный зооценоз (*Polyarthra longiremis* и так называемые коловратки «северного комплекса») за восемь посткатастрофических лет не восстановился. Первопоселенцем в прибрежной зоне озера явилась коловратка *Cephalodella aff. gibba* (5720 экз./л в сентябре 1997 г.), обычно обитающая в солоноватых водах и минерализованных термальных источниках.

Кроме отмеченных выше супрессорных факторов для развития озерной биоты нами обращается внимание на специфический для посткатастрофического периода характер металлоносной составляющей термальных вод, влияние которой на микрогидробионтов требует дальнейших наблюдений. Так, во всех термальных водах разгружающихся в озеро, присутствует P, Li, много B, Si, Na, довольно высоко содержание As, Zn, в меньшей степени Cu (табл.2). Обычно Zn в термальных водах больше, чем Cu; в осадках же практически всегда наблюдается обратное соотношение – $Cu > Zn$, что, по-видимому, связано с большим потреблением последнего биотой.

Особое внимание привлекает обнаружение в осадках термальных источников Br с содержанием 1,0-7,2 г/т, а также повышенные содержания Ge (до 15,8 г/т). В термофильных альгоценозах обнаружено высокое содержание таких канцерогенов как Cd (до 0,37 г/т в руч. Горячем) и Sb (до 6,3 г/т в Медвежьих источниках на северо-восточном берегу озера).

В результате наших исследований, сильное поражение растительности вследствие подводного Карымского извержения, отмечено только на обращенной к озеру части северного борта кальдеры Академии Наук, наиболее близкой к подводному центру. Воздействие, по-видимому, очень быстро ослабевало как по мере удаления от центра извержения (поражение на других участках кальдеры не выражено), так и в «тени» орографических препятствий.

Таблица 2

Содержание микроэлементов в биологических объектах и воде бассейнов Карышского озера, Курильского озера, побережья Тихого океана и фоновое содержание в морской воде

№№ п/п	Место отбора проб	Объекты	%					г/т							
			K 1	Ca 2	Fe 3	Ti 4	Mn 5	V 6	Zn 7	Pb 8	Cu 9	Cd 10	Sb 11	Mo 12	
1	Исток ручья Горячего	вода	2,44	3,73	0,03	-	0,11	-	0,01	-	-	-	-	-	-
2		биота	0,524	1,31	3,47	556	308	37	17,4	13,6	149	0,225	2,08	3,87	
3		осадок	0,475	2,46	5,01	0,36	0,11	129	67	4,46	64,0	0,21	1,81	3,47	
4	Середина ручья Горячего	вода	2,27	4,73	0,009	-	0,14	-	0,03	-	0,001	-	-	-	
5		биота	0,796	1,7	4,6	766	339	39	35,7	15,7	37,8	0,374	3,09	12,3	
6		осадок	0,545	3,3	6,51	0,54	0,13	202	82,0	10,6	71,0	0,06	1,82	2,1	
7	Источники Медвежьих	вода	1,78	2,64	1,08	-	-	0,005	0,35	-	0,48	-	-	0,62	
8		биота	0,556	0,962	2,04	503	689	40,8	28,8	5,08	22,8	0,348	1,40	1,53	
9		осадок	0,364	0,601	1,91	359	258	26,9	24,2	13,0	22,8	0,296	1,54	6,48	
10	Источники Академии Наук (Печка)	вода	1,58	0,532	0,03	0,006	0,026	0,007	0,008	-	0,006	-	-	0,04	
11		биота	0,627	1,50	1,78	441	383	31,2	30,1	9,25	14,8	0,179	1,66	0,59	
12		осадок	0,373	0,28	0,72	0,07	0,04	-	22,4	7,23	28,6	0,10	0,32	0,66	
13	Источники Карышские	вода	0,0013	0,007	0,0006	0,0015	0,15	0,005	0,007	0,005	0,015	0,005	0,005	0,0015	
14	Устье р.Карышской впадения в океан Тихий океан	биота	0,33	0,94	13,89	381	398	8,87	10,6	28,6	1,6	0,231	0,73	0,76	
15		Alania							32,0	< 0,02	< 12,6	< 0,004			
16		Псевдонкс гольца							91,0	0,04	6,7	0,02			
17		Копюшка трехиглая							78,0	< 0,02	3,5	0,014			
18		Воды прибрежья							< 0,001	< 0,001	< 0,001	6·10 ⁻⁴			
19	Фоновое содержание*								0,00017	0,00017	0,0007	1,1·10 ⁻⁴			
20	Кратер Токарева	Вода с поверхности							0,055	-	0,029	410 ⁻⁴			
21	оз. Курильское	Вода с поверхности**							0,1-1,56	0,0002-0,0016	0,004-0,080	0,0017-0,04			

Продолжение таблицы 2

Sr	Rb	Z	г/т							Sb	Ni	Hg	Br	J	Ag
			Y	Cr	Ga	Ge	Nb	As	27						
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
0,13								-							
360	22,2	131	20,7	-	15,6	3,22	2,71	57,0	0,629	11,6		2,81	3,75	0,357	
420	14,7	100	15,7	38,7	25,4	-	1,9	0,28	-	26,3		1,07		0,08	
0,13								0,09							
343	25,1	136	29,8	25,3	13,2	3,01	2,31	65,0	0,95	44,6	-	4,11	3,51	0,244	
430	21,1	130	21,6	28,7	30,3	2,02	2,2	11,4	0,42	37,7		1,72		0,36	
0,06								0,27							
354	23,7	146	23,7	2,5	16,2	2,11	3,15	21,7	1,58	6,64	-	5,76	6,55	0,13	
279	20,5	122	19,2	20,8	11,2	14,0	2,57	128,0	6,28	8,08		32,0	16,2	0,30	
		0,034						1,3							
276	67,0	152	27,6	-	42,9	5,21	2,98	34,5	12,5	3,63	-	7,29	5,21	0,287	
52,9	17,4	20,2	7,85	4,47	191,0	0,15	0,30	6,26	38,6	19,4	-	1,0	-	0,32	
0,32	-	0,005	-	0,0015	-	-	0,005	0,005	-	0,0005	-	-	-	-	
200	10,1	< 8	7,43	22,5	2,55	0,09	1,54	681	0,20	8,93	-	2,28	9,38	0,347	
								< 0,5			< 0,01				
								< 0,5			< 0,01				
								< 0,2			< 0,01				
								< 0,01			< 10 ⁻⁴				
								5·10 ⁻⁶			110 ⁻⁶				
								< 0,01			< 10 ⁻⁴				
								-			-				

Примечание: Пробы отобраны в 2000-2002 гг.; *) Фоновые содержания по А.П. Виноградову, 1970 ; **) Неопубликованные данные. Анализы 1-14 выполнены методом ICP на приборе IRIS фирмы Jarell Ash Corporation в Аналитической лаборатории Объединенного института геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск. Анализы 15-18, 20 выполнены на ААС фирмы Perkin-Elmer, модель «Analyst-800», беспламенный вариант с Земмановской коррекцией срока в лаборатории ФГУ ГПКПЭС (Камчатка). Аналитики Л.С. Верескун, Е.В. Карташева, «-» - не обнаружено, прочерк - нет анализов.

Нами отмечены также газовые аномалии и связанные с ними случаи периодической и внезапной гибели мышей и растительности в локальных зонах. Как правило, они предшествовали или сопутствовали активизации деятельности Карымского вулкана. Так, мертвые и умирающие (лежащие на спине и рефлекторно дергающие ногами) мыши были неоднократно встречены у уреза воды и в воде в восточном секторе побережья Карымского озера в июле-августе 1999 и 2003 гг. Область их гибели прослеживалась в полосе субмеридионального простирания, трассируя бортовую зону трогового опускания. По-видимому, имело место газовое отравление вследствие эмиссии ртути и углекислого газа по тектоническим трещинам. Подтверждением этому можно считать гибель шелкомайника на локальном участке в районе источников Академии Наук 25 июля 2003 г. В почве этой зоны было обнаружено повышенное содержание ртути (до $0,1 \cdot 10^{-4}\%$). Повышенное в 20 раз по сравнению с воздушным содержанием CO_2 было определено в пробе воздуха, отобранной нами 24 сентября в 2,5 км от кратера Карымского вулкана, спустя сутки после мощнейшего (на 5 км) выброса вулканом газо-пеплово-бомбового материала.

Таким образом, нами установлено, что фреато-магматическим извержением 1996 г. экосистема бассейна Карымского озера была резко выведена из состояния равновесия. Восстановление ее проходит медленно как из-за морфометрических особенностей озера, так и в связи с продолжающимся поступлением в этот бассейн ингибирующих компонентов с эндогенным флюидом и пеплом извержения Карымского вулкана.

Принципиально новые данные получены нами при исследовании динамики восстановления растительного покрова после катастрофических извержений базальтового, андезитового и пемзового состава магматического материала.

Так, Большое трещинное Толбачинское извержение (БТТИ) 1975-76 гг. является одним из крупнейших в XX веке по объему изверженного базальтового материала – не менее $2,2 \text{ км}^3$. Сопоставимы с ним по механизму извержений, а по ряду параметров и превосходящие Толбачинское, пять других трещинных извержения, произошедшие на Земле в историческое время – Элдгья в 930 г. и Лакигигар в 1783 г. в Исландии, Херульо в 1759-1774 и Паракутин в 1943-1952 гг. в Мексике и на острове Лансароте в 1730-1736 гг. По воздействию на окружающую среду – рельеф, биоту и др., Толбачинское извержение представляет собой грандиозную природную катастрофу и может быть примером наглядного аналога «ядерной зимы». Воздействие на окружающую среду, начавшееся в момент извержения и охватившее окрестности в радиусе более 10 км от центров извержения, продолжается и сейчас, по прошествии 27 лет после окончания извержения.

После извержения вокруг Северного прорыва БТТИ, на площади 300 км^2 , простиралась совершенно безжизненная поверхность шлаковых отложений (рис.5). В прилегающих районах пеплом были поражены олени пастбища.

Для гибели растений на основании наблюдений можно считать критическими, пагубными, такие предельные мощности взрывных отложений базальтового состава: 5 см – для травы и мха, ~ 10 см – для кустарников, ~ 20 см – для деревьев. Причем рыхлый изверженный материал Северного прорыва был явно более губительным для березы, лиственницы, ели и кустарников по сравнению с вулканитами Южного прорыва.

Спустя 5-7 лет началось заселение растительностью (мак полярный, мятлик арктический, трищетник колосистый, звездчатка Фишера, осока и камнеломка) площади в 4-5 км от подножия новых шлаковых конусов (рис.6). Через 10-11 лет травянистая растительность уже обильно расселилась вдоль восточных подножий шлаковых конусов (рис.7). **Причем подмечена приуроченность растительности к участкам, перекрытым тонкими разностями переотложенных вулканических пеплов.**

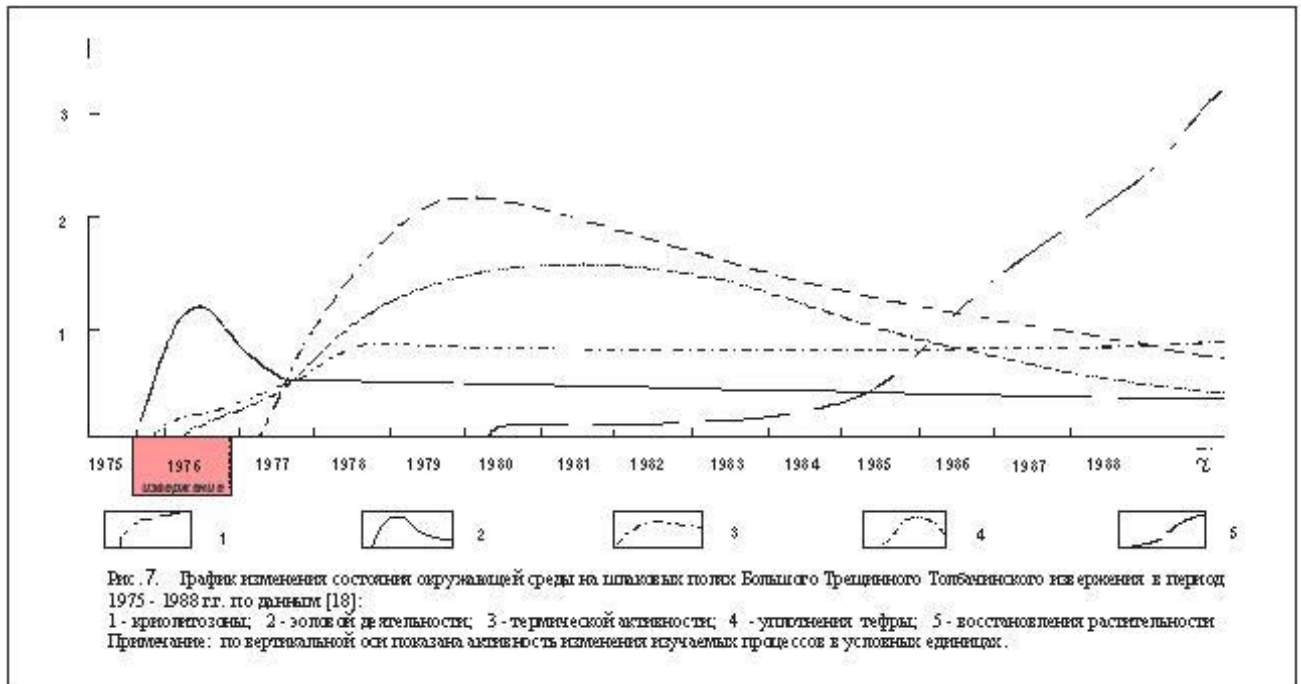
Отмеченная нами разница в скорости и характере зарастания конусов с афировыми и субафировыми базальтами Северного и мегаплагиофировыми субщелочными базальтами Южного прорывов БТТИ объясняется тем, что физико-механические, сорбционные и геохимические свойства тефры Южного прорыва являются более благоприятными для



Рис.5 Мертвый лес в 1 км от Северного прорыва БТТИ, 2001 г.
Фото В.И.Андреева



Рис.6 Восстановление лиственницы и др. растительности у лавовых потоков Северного прорыва БТТИ в 3 км от центра извержения.
Сентябрь 2001г. Фото В.И.Андреева



произрастания отмеченного выше растительного комплекса. В этих вулканитах, по сравнению с пирокластикой Северного прорыва содержится втрое больше калия, и их микроструктура более пористая. Это наблюдение **позволило объяснить явную зональность в распространении ели и тополя на большой территории** от Толбачинских вулканов на юге до Асхачного увала на севере, т.е. на площади около 600 км². Оказалось, что **лиственница приурочена именно к зоне развития субщелочных базальтов**.

Наши исследования подтвердили результаты данных С.Ю.Гришина о максимально-губительном для высшей растительности характере извержений андезитового и пемзового состава. На примерах извержений вв. Безымянный и Ксудач показано, что длительность первичной сукцессии в этих случаях имеет порядок многих сотен лет. Вторичная сукцессия длится 100-150 лет.

7. Систематизация и определенный нами таксономический состав альгофлоры озера Карымское в посткатастрофический период, насколько нам известно, выполнены впервые и не имеют мировых аналогов. Заслуживает внимания новое подтверждение связи выходов фреоновых газов с вулканизмом.
8. Методика исследований заключалась, в основном, в проведении биогеогеохимического мониторинга с отбором проб на гидрохимический, альго-бактериальный, геохимический анализы, оценке состояния почвенного и растительного покрова в полевых условиях и выполнении соответствующих анализов, включая анализ водных вытяжек из почв и осадков в сертифицированных лабораториях Института вулканологии ДВО РАН (гидрохимия), Института геологии СО РАН (анализ тяжелых металлов). Новизна заключалась в комплексности использования геологических и биогеохимических методов исследований.
9. Публикации:

Статьи:

1. Карпов Г.А., Бортникова С.Б., Кузьмин Д.Ю., Андреев В.И., Николаева А.Г. Геохимия гидротерм кальдеры Академии Наук (Камчатка) / Сб. Гидрогеология и геохимия вод складчатых областей Сибири и Дальнего Востока. Владивосток. Дальнаука. 2003. С. 108-117.
2. Бортникова С.Б., Карпов Г.А., Бессонова Е.П., Смышляева А.А. Взаимодействие щелочных вод газогидротерм и слабокислых растворов озера: поведение элементов и изменение форм их нахождения (газогидротермы Академии Наук и озеро Карымское, Камчатка) // Там же. С. 144-154.

Тезисы докладов:

1. Карпов Г.А., Лупикина Е.Г. Экологическое состояние реки Карымской (Карымский вулканический центр Камчатки) / Сб. Вулканизм, биосфера и экологические проблемы. Материалы Третьей международной научной конференции. г. Туапсе. 2003. С. 82-83.
2. Лупикина Е.Г., Карпов Г.А. Альгосукцессии Карымского озера (итоги семилетних наблюдений влияния фреато-магматического извержения) / Там же. С. 83-84.
3. Андреев А.И., Карпов Г.А., Магуськин М.А., Мирошников В.М. О влиянии извержений в кальдере Академии Наук и вулкана Карымский 1996-2000 гг. на окружающую среду (рельеф, водоемы, растительность) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. г. Петропавловск-Камчатский. 2003. № 1. С. 60-73.
4. Андреев В.И., Иванов В.В., Карпов Г.А., Магуськин М.А. Динамика извержения вулкана Карымский в 2002-2003 гг. и его воздействие на окружающую среду // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканалога 1-2 апреля 2003 г. Петропавловск-Камчатский. 2003. С. 30-34.
5. Karpov G.A., Lupikina E.G., Bortnikova S.B., Kuzmin D.Yu. Peculiarities of sedimentation within caldera structures of volcanic belts (Kamchatka) // XXIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics IUGG 2003. June 30.12. July, 2003. Sapporo. Japan. Abstracts week A. P. A43.
10. Руководитель проекта принял участие с научными докладами очно в двух конференциях (г. Петропавловск-Камчатский и г. Владивосток) и заочно в международном конгрессе в Саппоро (постер) и в г.Туапсе (доклад зачитан соавтором).
11. Общий объем полученных финансовых средств – 300 тыс. руб.
12. Картриджи и химические реактивы.
13. www.kcs.iks.ru

Директор Института
вулканологии ДВО РАН
академик

С.А.Федотов

Руководитель проекта
д.г.-м.н.

Г.А.Карпов