

УДК 551.21

МАРХИНИН Е. К.

О СОСТОЯНИИ ВУЛКАНОВ ОСТРОВА КУНАШИР

(март 1974 — май 1982 гг.)

Три вулкана о. Кунашир—Тятя, Менделеева и Головнина — относятся к действующим [1—3], в литературе имеются ссылки на их извержения в историческое время [1, 2]. После длительного покоя (более 160 лет) в июле 1973 г. произошло сильное извержение вулкана Тятя, второго по величине вулкана Курильских островов [4]. Извержение было эксплозивным и происходило из нескольких вновь образованных на северном и восточном склонах основного конуса кратеров на высоте приблизительно 500—600 м над уровнем моря. Согласно литературным данным, последние извержения вулканов Менделеева и Головнина произошли около 100 лет тому назад. Хотя при извержении вулкана Тятя в 1973 г. жертв не было, оно известным образом повлияло на хозяйственную деятельность района. После извержения вулкана Тятя за состоянием действующих вулканов о. Кунашир проводились более или менее регулярные наблюдения. Эти наблюдения периодически давали основание предполагать возможность активизации каждого из трех действующих вулканов. Настораживающими явлениями для вулкана Тятя в этот период были четко зафиксированный разогрев центрального конуса, возникновение и активизация в вершинных кратерах фумарольной деятельности, вплоть до периодически продолжающихся до сих пор (февраль 1982 г.) фреатических извержений.

В период с января по апрель 1977 г. была зафиксирована целая серия ощутимых подземных толчков непосредственно под вулканом Менделеева, что связывалось с возможностью его активизации и вызывало беспокойство среди населения.

Летом 1979 г. в кальдере вулкана Головнина на юго-западном берегу оз. Горячего наблюдалось чрезвычайно интересное явление истечения из озерных отложений жидкой серы и образования небольших маломощных серных потоков. Это явление свидетельствует о вероятном разогреве под дном кальдеры и о возможной активизации вулкана. Летом 1980 г. в кальдере Головнина была отмечена вытянутая линейно полоса пораженной растительности протяженностью в несколько километров. Она фиксировалась от мест истечения жидкой серы на берегу внутри-кальдерного озера до юго-западной кромки кальдеры. Вероятно предположение, что поражение растительности связано с миграцией вулканических газов.

Ниже приводятся результаты наблюдений за состоянием вулканов Тятя, Менделеева и Головнина в период с 1974 по 1982 г. За тепловым режимом вулкана Тятя в этот период времени проводились также специальные радиометрические наблюдения с помощью Южно-Курильской станции космической связи «Орбита-2».

Вулкан Тятя

До и во время извержения 1973 г. кратеры центрального конуса не проявляли никаких признаков активности и продолжали находиться в таком состоянии 6—7 месяцев после извержения. Среди вновь образованных в 1973 г. кратеров слабые следы парогазовых выделений обнаруживались лишь вблизи кратера Отважный.

Первые признаки перехода вершинных кратеров в состояние активной фумарольной деятельности были замечены в декабре 1973 г., когда над центральным конусом вулкана Тятя стали наблюдаться вначале периодические, а затем и непрерывные выделения парогазовых струй. В отдельные ясные дни высота этих выделений достигала 150—200 м, и они носили характер свободно истекающих струй.

В марте 1974 г. при облете вулкана было обнаружено образование в непосредственной близости от кромки кратеров на северном склоне конуса небольшой (диаметр около 200—300 м) проталины в снегу, сохранявшей свои контуры до периода интенсивного весенне-летнего снеготаяния, т. е. до конца мая 1974 г.

В июле 1974 г. при посещении центрального конуса вулкана Тятя было отмечено, что вершинные кратеры резко изменили свое обычное состояние. Наиболее интенсивная фумарольная деятельность возникла здесь в северо-восточной кратерной воронке, юго-западный же кратер до 26 июля сохранял даже небольшой снежник. Температура грунта северо-восточного кратера, внутренние стенки и дно которого изобиловали выходами фумарол и отложениями сульфатных минералов (преимущественно алуногена), и перемычки между юго-западным кратером составляла в то время от 55 до 88° С.

В октябре 1974 г. Л. И. Божковой (СахКНИИ ДВНЦ АН СССР) отмечен разогрев уже обоих вершинных кратеров, при этом в юго-западном кратере обнаружены новообразования многочисленных возгнов и фумарольных струй. Температура грунта на дне кратера составляла 63° С, а по северному внутреннему склону — до 95—96° С. На шлаковой перемычке между кратерами температура грунта также повышалась до 96° С. Северо-восточный кратер в это время был заполнен душлистыми газами и не просматривался.

Осенью 1974 г. интересные наблюдения на северном склоне главного конуса были проведены А. И. Абдурахмановым (СахКНИИ). Им отмечено, что вода в ручье Змеином, по которому осуществляется разгрузка грунтовых вод, нагрета до 26° С. Дебит ручья составлял 3—4 тыс. л/с. На дне кратера Отважный им отмечена температура 103°С, а на кромке 81° С, в кратере Пограничник свыше 150° С.

В зимнее время 1974—1975 гг. наблюдался постепенный разогрев внешних склонов центрального конуса, особенно в северном секторе, где до 300—400 м вниз по склону конус был лишен снегового покрова. Южный сектор конуса в течение всей зимы сохранял мощный снеговой покров. Достаточно прогретым и лишенным снегового покрова был все это время и кратер Отважный с обрамляющим его шлаковым валом.

13 февраля 1975 г. при совершенно безоблачной погоде впервые над центральным конусом вулкана Тятя из пос. Южно-Курильск было видно образование мощных кучевых облаков, поднимавшихся на высоту 600—700 м. При облете 14 февраля с борта самолета видимых изменений в состоянии вершинных кратеров не было отмечено.

7 апреля 1975 г. над центральным конусом вулкана Тятя наблюдались выбросы мощных парогазовых струй на высоту 200—300 м. В результате с 11 час. утра до 16 час. 50 мин. над вулканом Тятя происходило образование мощной кучевой облачности, сносимой ветром в виде шлейфа в западном направлении на расстояние 8—10 км. Первое время образование облаков носило пульсационный, а затем непрерывный

характер и по типу больше всего отвечало фреатическому извержению. Выбросов твердых продуктов (пепла, шлака и т. п.) при этом не происходило.

В июне 1975 г. обращалось внимание на появление обильных мелких струй пара в шлаковом материале южного сектора центрального конуса. Высота некоторых площадок прогретых пород $1/5$ высоты центрального конуса от кромки вершинных кратеров. 16 июня 1975 г. во время очередного сеанса терморациолокационной съемки с помощью системы «Орбита-2» впервые обнаружен сильный прогрев вершинной части центрального конуса.

В июле-августе 1975 г. при неоднократных облетах вулкана отмечалось образование поля прогретого шлакового материала у вершины центрального конуса с появлением на нем обильных выцветов сульфатных минералов и периодическим усилением парогазовых выделений. При посещении центрального конуса и вершинных кратеров руководителем группы студентов ДВПИ К. С. Шашкиным 7 августа 1975 г. отмечалось появление в кальдере на юго-западном лавовом потоке (поток 1812 г.) небольшой (30X30 м) термальной площади с выходами слабо напорного пара с температурой 70°C . Сам же центральный конус, начиная с отметки 1700 м над уровнем моря, пронизывался многочисленными парогазовыми струями с температурой $95\text{--}100^{\circ}\text{C}$. Юго-западный кратер при этом сохранял лишь следы слабо выраженной фумарольной деятельности и был практически свободен от парогазовых выделений. Северо-восточный кратер, как и прежде, отличался мощной фумарольной деятельностью и был заполнен густыми облаками пара и вулканических газов, часть из которых вырывалась на внутренних стенках кратера с шумом и свистом. Кратер Отважный, по сообщению К. С. Шашкина, к этому времени (по сравнению с 1973 г.) значительно остыл, температуры парогазовых выделений в трещинах на восточном шлаковом гребне кратера составляли $65\text{--}70^{\circ}\text{C}$.

В ноябре 1975 г. после снегопада на центральном конусе вулкана Тятя четко обозначилась зона прогретого шлакового материала, достигавшая $7/3$ высоты конуса. При облете с самолета было видно, что эта зона развита по всему периметру конуса и представляет собой выход на поверхность единого мощного теплового потока. Площадь прогретой части центрального конуса оставалась практически неизменной до марта 1976 г.

В марте 1976 г. отмечались выбросы высоко в атмосферу (до высоты 900—1000 м) парогазовых струй, после чего верхняя граница снеговой линии опустилась на $3/4$ высоты центрального конуса, а в отдельных местах достигла его подошвы.

В летнее время восхождения на конус вулкана Тятя показали, что помимо общей прогретости центрального конуса значительно расширились фумарольные поля на древних лавовых потоках, где площадные и трещинные выделения парогазовых струй появились не только в тыловых, но и в средних частях лавовых потоков. Подъем к вершинным кратерам из-за мощных выделений удушливых газов стал невозможным без соответствующего снаряжения. Центральный конус в отдельных участках у подножия был разбит серией вновь появившихся глубоких трещин, а на поверхности шлакового материала помимо выцветов солей были впервые замечены отложения самородной серы. По данным К. С. Шашкина (ДВПИ), 3 августа 1976 г. температура шлакового материала уже у подножия центрального конуса на глубине 10—15 см составляла 35°C , а на высоте 150 м от подошвы — $85\text{--}96^{\circ}\text{C}$. К. С. Шашкин отмечает, что центральный конус к 3 августа 1976 г. в сравнении с летом 1975 г. стал значительно горячее. Температура, замеренная в трещине на глубине 50 см на восточном его гребне, составила $310\text{--}330^{\circ}\text{C}$. Замеры, сделанные в этой же трещине в августе 1975 г.,

показывали температуру не более 95°C . Из трещин по краю кратера Отважный обильно выделялись серосодержащие газы. На дне кратера Отважный наблюдалось выделение пара, однако температура, замеренная в двух трещинах, составляла всего лишь $94\text{--}96^{\circ}\text{C}$.

По результатам терморациолокационной съемки, выполненной с помощью системы «Орбита-2», 27 сентября 1976 г. вновь был отмечен сильный разогрев вершинного конуса, имевший на этот раз более выраженный площадной характер.

При облете вулкана Тятя 3 октября 1976 г. обращено внимание на то, что уже оба вершинных кратера проявляют интенсивную фумарольную деятельность. Внешние склоны центрального конуса сильно прогреты и парят почти до его основания. Исключение составляет нижняя треть конуса в северном и северо-восточном секторах. Внушительный прогрев наблюдался и за пределами центрального конуса, особенно в месте сопряжения его с постройкой ранней кальдеры, а также излившимися в кальдеру лавовых потоков 1812 г. На поверхности этих потоков выявились три довольно крупных (до $200\text{--}300\text{ м}$ в диаметре) площадки с обильными выделениями парогазовых струй.

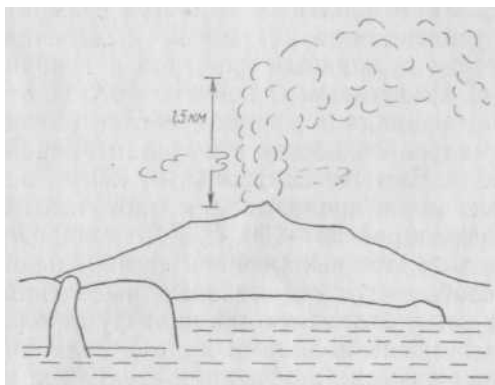


Рис. 1. Фреатическое извержение вулкана Тятя 13 февраля 1982 г. Зарисовка Е. К. Мархинина

Заметный разогрев центрального конуса вулкана Тятя прекратился к началу 1977 г. По наблюдениям И. П. Аверьянова, в начале января 1977 г. не покрытая снегом часть вершинного ко-

нуса вулкана Тятя сильно сократилась. При облете 3 февраля на вершинном конусе были отчетливо видны прогалины, ориентированные радиально к вершинам кратера. Сеансы термолкационной съемки со станции «Орбита-2» 4 и 24 февраля 1977 г. отчетливой прогретости вершинного конуса в отличие от предыдущих не показали.

12—14 августа 1977 г. А. Н. Земцов и А. А. Тронь от устья реки Птичьей, пройдя маар Влодавец, поднялись на кальдеру вулкана Тятя с северной стороны, а затем по юго-восточному склону Центрального конуса на вершину вулкана. Фумарольная активность отмечена ими только с высоты около 350 м от подножия конуса. Наиболее активной она была на северном и юго-восточном склонах. Прогретыми фумарольными парами полосы отмечены ими также в кальдере в нижней части лавового потока 1812 года. Аналогичные наблюдения сделаны 21—22 августа 1977 г. туристом Ю. Г. Брагиным из Южно-Сахалинска.

В течение 1978—1981 гг. состояние вулкана Тятя оставалось стабильным. Центральный конус медленно остывал. На конусе кратера Отважного продолжался вторичный разогрев, и температуры газов в трещинах на кромке кратера местами превышали 400°C .

10—14 февраля 1982 г. из центрального кратера вулкана Тятя происходило фреатическое извержение. Столб белых паров 10, 11, 12, 13 февраля поднимался на высоту $1\text{--}1,5\text{ км}$ (рис. 1). Кромка вершинного кратера освободилась от снега, потемнела. 14 февраля извержение пошло на убыль, и в последующие дни над вершинами кратеров наблюдалось только слабое парение.

На основании обработки данных термометрических исследований с помощью станции «Орбита-2» А. А. Тронь пришел к заключению, что в 1974—1975 гг. средний тепловой поток от поверхности вершинного ко-

нуса на 40% превышал поток от неразогретых пород (гора Докучаева). В последние годы он снизился до 9% превышения над потоком от неразогретых пород. Непосредственные измерения теплового потока на конусе Отважный, по данным А. А. Троня, дали минимальное значение 0,37 Вт/см². Оно соответствует приблизительно 12% превышения потока над неразогретыми породами.

Вулкан Менделеева

В период наблюдений состояние вулкана Менделеева в общих чертах оставалось стабильным. Сольфатарная деятельность продолжалась на четырех полях, расположенных на отметках 300—400 м над уровнем моря: юго-восточном, восточном, северо-восточном, северо-западном. Интенсивная разгрузка пара осуществляется на северо-западном сольфатарном поле из «ревуших» сольфатар. На одной из них, самой мощной, в разное время определялись температура, скоростной напор и дебит струи. Температура у выходного отверстия в среднем составляет около 108° С и увеличивается с глубиной с градиентом 3 град/м, что соответствует данным гидрогеологов о температурах более 200° на глубинах сотен метров. Верхняя граница скорости истечения газов определялась в разное время и разными методами. Обычно они колеблются в пределах от 50 до 70 м/с. Эти различия нельзя отнести за счет изменения метеорологических условий. По-видимому, они связаны с изменением давления в источнике струи, а также с размерами и конфигурацией ее выхода на поверхность. А. Н. Земцовым 9 октября 1979 г. было замечено вращение струи против часовой стрелки (вид сверху) со скоростью 2—3 об/с, которая связывается им с геометрией сопла фумаролы. Средний дебит струи составляет около 0,5 кг парогазовой смеси в секунду. На других сольфатарных полях многочисленные мелкие парогазовые струи истекают свободно, без давления и имеют температуру около 100° С.

Определенное беспокойство населения было вызвано роем ощутимых землетрясений в марте-апреле 1977 г. с гипоцентрами непосредственно под вулканом Менделеева. По данным Ф. И. Монахова (СахКНИИ), проводившего в марте 1977 г. наблюдения за колебаниями уровня грунтовых вод в скважинах в зависимости от сейсмичности, в феврале-марте на сейсмостанции «Южно-Курильск» было зарегистрировано более 200 мелких землетрясений. Их расстояния до эпицентров составляли 7—10 км, а направления совпадали с азимутом на вулкан Менделеева. Глубины очагов землетрясений были менее 20 км. Харак-

Результаты опробования источников вулкана Менделеева на содержание ионов хлора и сульфата в период с 19 февраля по 11 марта 1977 г.

Номер источника	Дата	Хлор			Сульфат-ион		Хлор-сульфат
		мг-экв л	л		г-экв/л	мг/л	
1	28.II	26,06	925,13		0,014	672,4	1,37586
1	11.III	26,64	945,72		0,0138	662,9	1,42664
3	19.II	46,84	1663,53		0,028	1344,9	1,23692
3	21.II	45,92	1630,16		0,028	1344,9	1,21210
3	28.II	46,36	1645,20		0,029	1392,0	1,18189
3	5.III	46,86	1663,53		0,0292	1401,6	1,18687
3	8.III	46,36	1645,20		0,0298	1430,4	1,17259
3	11.III	46,36	1645,20		0,0284	1363,2	1,20686
6	17.II	37,40	1327,70		0,0292	1402,6	0,93233
6	19.II	37,40	1327,70		0,0292	1402,6	0,93233
6	25.II	37,96	1347,40		0,0290	1392,0	0,96795
6	5.III	37,96	1347,40		0,0296	1421,8	0,94767
6	11.III	37,40	1327,70		0,0294	1411,2	0,94083

Примечание. Аналитик Л. И. Божкова.

терно, что землетрясения иногда ощущались как сильные подземные толчки в пос. Горячий Пляж, в то время как в пос. Южно-Курильск жители их не замечали. В феврале-марте 1977 г. Л. И. Божкова (СахКНИИ) проводила ежедневные опробования горячих источников, расположенных на северо-восточном подножии вулкана Менделеева: 3 (Нижне-Менделеевский) и 6 (Верхне-Докторский). В пробах анализировалось содержание ионов хлора и сульфата (таблица). Их отношение в источнике 3 показало определенную зависимость от местных землетрясений. Отношение ионов хлора и сульфата в источнике 6 оставалось практически неизменным (рис. 2).

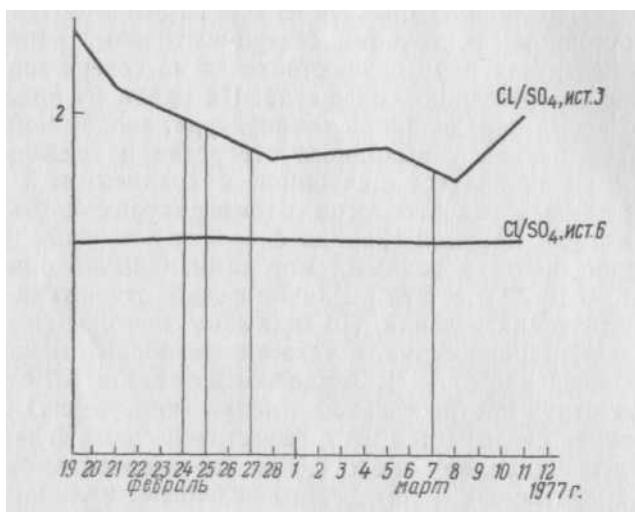


Рис. 2. Отношения Cl/SO₄ в источниках 3 и 6 и землетрясения февраля-марта 1977 г.

По мнению П. П. Фирстова, проанализировавшего сейсмические материалы по землетрясениям с очагами под вулканом Менделеева, толчки были вызваны особенностями разгрузки гидротермальной системы и связаны с бурением разведочных скважин у подножия вулкана Менделеева на парогазовую смесь.

Вулкан Головнина

Вулкан Головнина находился в состоянии длительной более или менее равномерной по интенсивности сольфатарной деятельности. Два основных сольфатарных поля расположены в центре кальдеры и приурочены к экструзивным куполам Центральному-Восточному и Центральному-Западному. Еще три сольфатарных поля располагаются на северном берегу кальдерного оз. Горячее. Наблюдаются сольфатарные проявления и на дне этого озера. Центральное-Восточное сольфатарное поле известно еще под названием оз. Кипящее. Оно представляет собой заполненную водой воронку взрыва, на дне и по бортам которой действуют многочисленные сульфатары. Температура воды в озере в среднем составляет 34° С (такова же температура в ручье, вытекающем из оз. Кипящее в оз. Горячее). Температура воды обуславливается подогревом ее сольфатарами и в течение многих лет поддерживается более или менее постоянной. Температура сольфатар колеблется в пределах 99—103°С. Для берега оз. Кипящего характерно наличие малодобитных горячих ключей с температурой до 98° С, рН в которых колеблется от 0,5 до 8,5. Обследование берегов Кипящего озера временами приводит к ощущению, что в недалеком время здесь могут произойти фреатиче-

ские взрывы. На западном берегу озера иногда чувствуются толчки, дрожание и подземный гул, вызываемые «запертыми» на глубине сольфатарными парами. Хотя отдельные выходы сольфатарных паров на поверхности мигрируют, в целом расположение сольфатарных групп остается более или менее постоянным. На остальных сольфатарных полях активность меньше, чем в районе Кипящего озера. На характер сольфатарных проявлений определенным образом влияют атмосферные осадки. Так, благодаря засушливому июлю 1976 г. временно понизился уровень кипящего озера и обнажились осадки серных илов на расстоянии до 10 м от его берегов. Некоторые грязевые котлы превратились в «сухие» фумарольные струи. При этом, как отмечает И. П. Аверьянов,

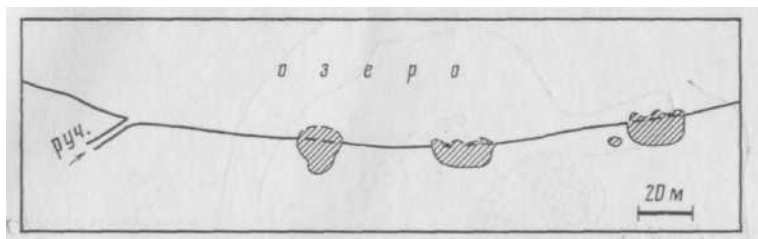


Рис. 3. Местоположения серных истечений (заштриховано) на берегу оз. Горячее

заметных изменений температуры воды и фумарольных струй не произошло. В засушливый июль 1976 г. снизилась видимая интенсивность парогазовых выделений у Центрального-Западного экструзивного купола. На фоне обычного состояния сольфатарной деятельности в кальдере Головинна в августе 1979 г. наблюдалось чрезвычайно интересное явление истечения серы на южном берегу оз. Горячее. Первое истечение серы произошло на берегу оз. Горячее в 160—170 м к востоку от устья ручья, вытекающего из оз. Кипящее (рис. 3). Жидкая сера залила тонким слоем небольшой участок пляжа, сложенного песчано-пемзовыми озерными отложениями. Размер участка около 15x15 м, т. е. площадь его приблизительно 225 м². Толщина серного покрова составляет несколько сантиметров и, как правило, не превышает 10 см. В среднем она может быть принята в 5 см. Таким образом, объем излившейся серы составил 11,25 м³. Второе истечение серы произошло в ночь с 18 на 19 августа 1979 г. у кромки воды Горячего озера в 33 м к востоку от первого. Длина участка залитого серой составила 18 м, ширина— 10 м, местами языки серы стекли под водой по дну озера на 1,5—2 м. Площадь покрытого серой участка была несколько больше 180 м², объем излившейся серы, если принять среднюю толщину серного покрова равной 5 см, был около 9 м³.

Третье истечение серы происходило 26 августа 1979 г. на глазах студентов Ташкентского университета Е. П. Трофимова, Е. Б. Глущенко и Т. В. Коржаевой. Истечение серы продолжалось 2 ч 15 мин <с 13 час. 15 мин. до 15 час. 30 мин. местного времени). Так же как и два предыдущих, оно происходило на берегу Горячего озера в 51 м к востоку от второго серного покрова. На поверхности светлых песчано-пемзовых озерных отложений сначала появились отдельные темные пятна диаметром 2—10 см. Их становилось все больше. Эти темные пятна представляли собой центры просачивания жидкой серы. Просачивающаяся во многих местах жидкая сера образовала сплошной покров длиной 20 м вдоль берега озера, шириной 8 м и несколькими языками стекла в озеро. Таким образом, поверхность участка озерного пляжа залитого жидкой серой превысила 160 м², объем ее составил 8—10 м.

Истечение жидкой серы сопровождалось интенсивным выделением со всей ее поверхности сернистого газа. Местами на поверхности сер-

ного покрова возникали небольшие воронки, в которых жидкая сера бурлила под действием выделяющихся газов. Застывание серного покрова проходило динамично, благодаря чему на его поверхности образовывались мелкие серные башенки, пирамидки, грибки, а внутри многочисленные газовые полости. Часто поверхность имела глянцевиidный характер. На контакте застывшей серы наблюдался 1—2-сантиметровый слой плотносцементированного озерного песка. Некоторые признаки свидетельствуют о том, что температура жидкой серы была весьма высокой, вероятно, приближающейся к ее температуре кипения. Об этом, в частности, говорит тот факт, что опущенная в жидкую серу пал-

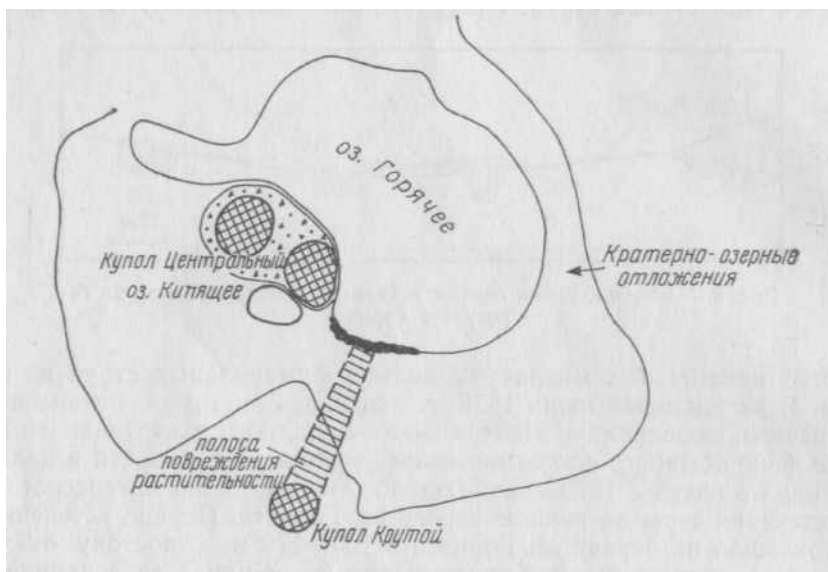


Рис. 4. Местоположение полосы поврежденной растительности в кальдере вулкана Головнина

ка сразу же воспламенялась, а также то обстоятельство, что по пологому дну кальдерного озера, преодолевая сопротивление холодной воды, тонкие языки серы смогли продвинуться на расстояние до 3 м. Представляется вероятным, что истечение жидкой серы, неоднократно происходившее на берегу кальдерного озера, было вызвано выплавлением серы из серосодержащих озерных песчано-пемзовых отложений на некоторой, скорее всего небольшой, глубине от поверхности. Явление истечения серы в кальдере Головнина, очевидно, свидетельствует об имевшем место интенсивном локальном разогреве.

Летом 1980 г. в кальдере Головнина наблюдалось еще одно настораживающее явление. От участков берега оз. Горячее, залитых жидкой серой, на юго-запад по направлению к куполу Крутой протянулась полоса длиной в несколько километров и шириной более 100 м, в которой многие растения оказались погибшими (рис. 4). Явление гибели растительности на этой полосе, возможно, было связано с миграцией вулканических газов по трещинной зоне. Логично предполагать, что между обоими явлениями — истечением серы и внутрикальдерной гибелью растительности — существует определенная связь. Не исключено, что оба эти явления свидетельствуют о возможной активизации вулкана Головнина.

Подводя итог материалам, изложенным в настоящей статье, приходишь к заключению, что есть основание считать возможной и вероятной активизацию из трех действующих вулканов о. Кунашир в будущем, возможно в текущем столетии. В случае непредвиденного извержения

вулкана Менделеева нельзя исключить катастрофические последствия. Это делает актуальной задачу детального вулканического районирования о. Кунашир и указывает на необходимость продолжения и усиления режимных исследований на вулканах Тятя, Менделеева и Головнина.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Горшков Г. С.* Хронология извержений вулканов Курильской гряды.— Тр. Лабор. вулканол., 1954, № 8.
2. *Горшков Г. С.* Каталог действующих вулканов Курильских островов.— Бюл. вулканол. ст., 1957, № 25.
3. *Мархинин Е. К.* Вулканы острова Кунашир.— Тр. Лабор. вулканол., 1959, № 17.
4. *Мархинин Е. К., Аникеев Ю. А., Абдурахманов А. И. и др.* Извержение вулкана Тятя на острове Кунашир в 1973 году.— Геол. и геофиз., 1974, № 10.

Институт вулканологии
ДВНЦ АН СССР

Поступила в редакцию
28.VI.1982

