

К. А. СКРИПКО, Е. М. ФИЛЬКОВА,
Г. Г. ХРАМОВА

РЕЖИМ КРАТЕРНОГО ОЗЕРА ВУЛКАНА ЭБЕКО в 1966 г.

В августе 1965 г. произошло фреатическое извержение в кратерном озере Среднего кратера вулкана Эбеко. Наблюдения за температурой, уровнем и химическим составом воды озера, а также за характером фумарольной деятельности в самом озере и на смежных фумарольных полях вулкана Эбеко, начатые в августе — сентябре 1965 г. К. А. Скрипко, Е. М. Фильковой, Г. Г. Храмовой, с 9 по 29 июля 1966 г. были продолжены К. А. Скрипко и Е. А. Чеглецовой, а затем с 29 сентября по 13 октября Г. Г. Храмовой и Г. Ф. Некрасовой.

В 1966 г. уровень озера оставался примерно таким же, как в августе — сентябре 1965 г. Амплитуда колебаний его летом 1966 г. составляла около 3 м. Наиболее высокий уровень воды, обусловленный таянием снега в июне — июле, был в начале августа, к 13 октября уровень озера понизился на 2—3 м и стал примерно на 0,4 м ниже самого низкого уровня 1965 г.

В 1966 г. произошло резкое изменение химического состава воды — уменьшение более чем на порядок концентрации хлора при содержании сульфатов почти том же, что и в 1965 г.

ФУМАРОЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ВУЛКАНА ЭБЕКО В ИЮЛЕ — ОКТЯБРЕ 1966 г.

По сравнению с 1965 г. произошли некоторые изменения в фумарольной деятельности вулкана.

В южной части воронки извержения 1963 г. возникла мощная фумарола, отлагающая в радиусе несколько десятков метров светло-желтую сублимационную серу и временами дающая небольшие потоки и струйки расплавленной серы. Это говорит о том, что температура газов на выходе временами превышала 120°С (температуру плавления серы). В южной части Восточного цирка значительно выросли серные конусы.

Главная фумарола Серного бугра в течение всего периода наблюдения откладывала желтую сублимационную серу. Конус фумаролы, сложенный чередующимися потоками плавленной серы, набросами серных бомб и отложениями сублимационной серы, был сильно эродирован. Колдоец фумаролы летом 1966 г. несколько расширялся книзу, диаметр верхней части был 2,5—3 м. Глубина колодца — 3—5 м. Стоя у края фумаролы, временами можно было рассмотреть ее дно, покрытое крупными осветленными с поверхности глыбами пироксеновых андезитов, лишенное каких-либо возгонов. Скорость газов на выходе была от несколь-

ких десятков до сотни метров в секунду. Наиболее мощные струи отмечены в южной и западной частях дна колодца fumarолы.

Рядом с этой fumarолой, на южном склоне ее конуса, возникла новая мощная fumarола. На дне неглубокого циркообразного понижения, являющегося ее устьем, наблюдались коричневые капельки расплавленной серы. Температура газов была $130-140^{\circ}\text{C}$.

Fumarолы Северо-Восточного поля в целом активизировались по сравнению с 1965 г., появились новые крупные грязевые котлы. С июля по сентябрь 1966 г. отмечено повышение температуры fumarольных газов Северо-Восточного поля с $96-98$ до $110-145^{\circ}\text{C}$. Скорость газов достигала $16-23$ м/сек.

В Среднем кратере одна из fumarол («Западная»), возникшая в 1965 г., оказалась засыпанной обвалом, другая («Восточная»), находившаяся близ края большого снежника, спускающегося с борта кратера, в июле 1966 г. представляла собой небольшой паро-водяной котел. В сентябре — октябре температура газов этой fumarолы была $94-97^{\circ}\text{C}$, скорость газов на выходе достигала $7,5-9$ м/сек. После дождя fumarола превращалась в паро-водяной котел. Fumarолы, находившиеся у юго-восточной стенки кратера, не изменили характера своей деятельности по сравнению с 1965 г. Температура газов была в июле $94-105^{\circ}\text{C}$, в сентябре — октябре $98-125^{\circ}\text{C}$; скорость газов на выходе достигала $30-37$ м/сек.

Fumarольная деятельность наблюдалась также по берегам и в узкой прибрежной полосе (в подводной части) Горячего озера. Интенсивность выделения газов у юго-западных и северо-восточных берегов была $30-70$ л/мин·м². В центральной части озера fumarольная деятельность отсутствовала. На перемычке на глубине $0,2-0,3$ м температура в июле была $4-6^{\circ}\text{C}$ при температуре воды в озере $20-22^{\circ}\text{C}$.

Отдельные крупные грифоны возникли у северо-западных и северо-восточных берегов озера. Большой грифон в 7 м от северо-восточного берега озера впервые был отмечен 18 июля 1966 г. Ранее в этой части озера наблюдалось лишь рассредоточенное выделение газов и небольшие грифончики диаметров $10-15$ см. Воронка грифона имела диаметр (в верхней части) около $3,5$ м, крутые склоны и глубину в центральной части около $2,5$ м. В центре поднималась газовая струя диаметром $1-1,5$ м. Высота купола над грифоном колебалась от 15 до 20 см, что при глубине $2,5$ м соответствует среднему содержанию пузырьков газов $6-8\%$ (по объему).

В конце июля рядом с этим большим грифоном, в 2 м к северу-западу от него, возник второй грифон меньшего размера (диаметр около $0,5$ м), который позже, в сентябре — октябре не отмечался. В этот период в северо-восточной части озера существовал лишь один грифон — котел диаметром 3 м. Высота выбросов была от $0,5$ до $2-3$ м.

В верхнем кратере fumarольная деятельность по сравнению с 1965 г. усилилась — на склонах серного купола в северной части кратера активизировались многочисленные fumarолы с температурой $94-95^{\circ}$; к сентябрю их температура повысилась до $97-110^{\circ}\text{C}$. Скорость газов на выходе в июле достигала 16 м/сек, в сентябре — октябре $9-12$ м/сек.

КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ГОРЯЧЕГО ОЗЕРА

Осенью 1965 г. уровень озера продолжал повышаться за счет заполнения его дождевыми водами.

Весной 1966 г. вновь отмечено резкое понижение уровня. В мае и в июне 1966 г. озеро было разделено перемычками на четыре части

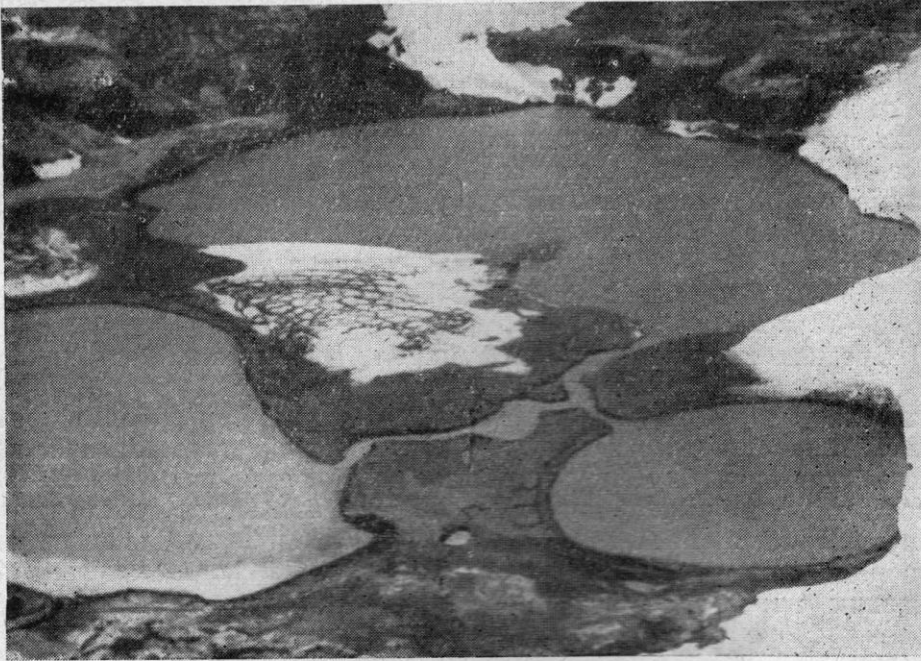


Рис. 1. Горячее озеро вулкана Эбеко 23 июня 1966 г.
Вид с северо-востока

(рис. 1). В дальнейшем происходило непрерывное повышение уровня за счет таяния снега и атмосферных осадков. В начале июля перемычки исчезли и озеро стало единым. Всего за месяц уровень озера повысился примерно на 1 м (рис. 2). Средняя скорость подъема воды была 2,5—3 см/сутки.

Подъем уровня озера не был равномерным. Так, 13 июля с 12 до 17 час вода поднялась на 2,5 см, а с 17 час 13 июля до 12 час 14 июля —

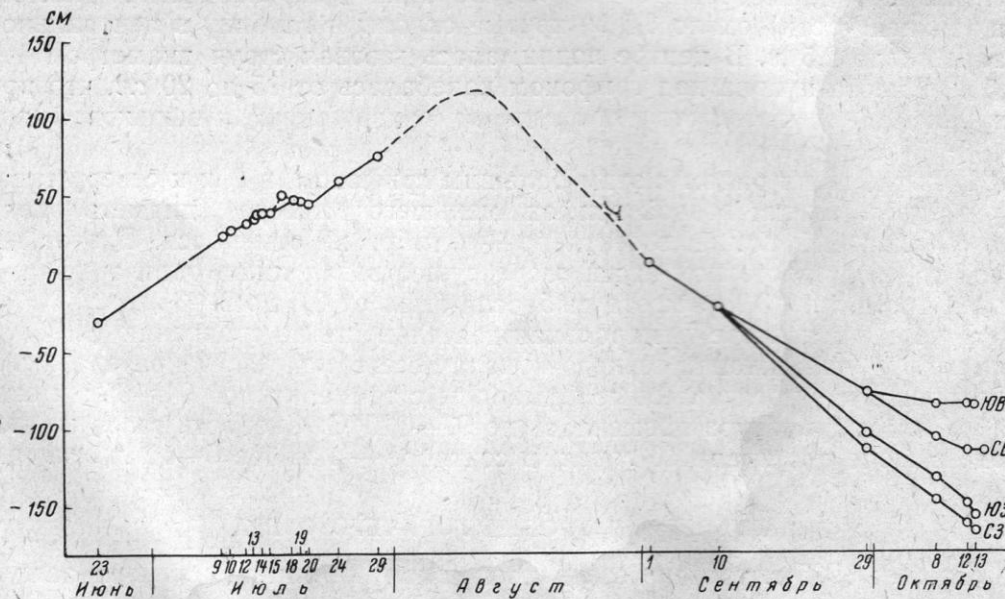


Рис. 2. Колебания уровня Горячего озера с 23 июня по 13 октября 1966 г.

лишь на 0,5 см. Ночью, несомненно, наблюдалось даже понижение уровня озера; на 5 см понизился уровень также 17—20 июля.

По сообщениям жителей г. Северо-Курильска, в начале августа уровень озера продолжал подниматься, а к 1 сентября, по данным Р. Б. Зезина (МГУ), он снова понизился примерно до уровня начала июля 1966 г. В северо-восточной и южной частях озера в виде полуостровов, вдающихся в озеро на несколько десятков метров, наметилась перемычка.

К 10 сентября уровень озера понизился еще на 25—30 см, и на дне котловины обособились три озера — восточное, северо-западное и юго-западное, соединенные узкими протоками. К 29 сентября в результате

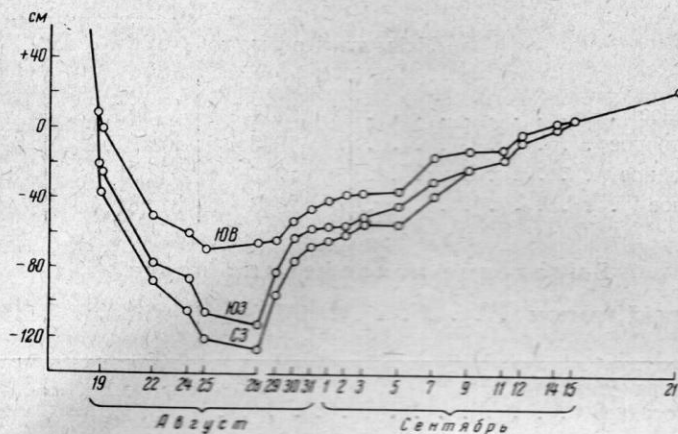


Рис. 3. Колебания уровня в различных частях Горячего озера в августе — сентябре 1965 г.

понижения уровня воды восточное озерко разделилось на два — юго-восточное и северо-восточное. Наблюдался сток воды из юго-восточного озерка в северо-восточное и далее в северо-западное и юго-западное. С 29 сентября по 8 октября уровень воды в юго-восточном озерке стал ниже на 8,5 см, а с 8 октября 1966 г. сток воды из юго-восточного озерка через перемычку прекратился и практически прекратилось понижение уровня воды в этой части озера. С 8 по 13 октября уровень воды в юго-восточном озерке стал ниже лишь на 1 см.

Северо-восточное озерко потеряло связь с западными между 8 и 12 октября 1966 г. Если с 29 сентября по 8 октября уровень воды в этой части понижался со скоростью 3—3,5 см/сутки (30 см за 9 дней), то с 8 по 12 октября он понизился лишь на 7—8 см (2 см/сутки), а с 12 по 13 октября — не изменился (см. рис. 2).

В северо-западном и юго-западном частях озера понижение уровня воды в период с 29 сентября по 13 октября происходило с постоянной скоростью 3—4 см/сутки, и за 15 дней в этой части он понизился на 52—53,5 см (рис. 2). 13 сентября уровень воды в северо-западной части озера был на 40—42 см ниже самого низкого уровня озера в 1965 г. (28 августа 1965 г.).

Наши наблюдения за уровнем воды в разных частях озера в сентябре — октябре 1966 г. подтвердили сделанный нами на основании материалов 1965 г. (Скрипко, Филькова, Храмова, 1966, стр. 44) вывод, что «основные пути подземного стока находились в западной части озера» (рис. 3). Непрерывное понижение уровня озера в августе — октябре

1966 г. происходило несмотря на выпадение атмосферных осадков. С 29 сентября по 8 октября выпало 46,7 мм осадков, а с 8 по 12 октября — 12,3 мм, что при пересчете на площадь водосбора (сумма площадей Среднего и Верхнего кратеров) дает цифры соответственно 6100 и 1600 т воды (табл. 1). Это количество воды при полном стоке в озеро

Таблица 1

Оценка величины подземного стока из Горячего озера с 29 сентября по 13 октября 1966 г.

Части Горячего озера	Площадь, м ²	29/IX—8/X	8/X—12/X	12/X—13/X
Убыль воды, т				
Озерко юго-восточное	1711 *	145,5		17,1
северо-восточное	1025	307,4	384,3	—
северо-западное	973	321,0	145,9	53,5
юго-западное	2938	881,4	440,7	205,7
Выпадение атмосферных осадков, т				
Верхний и Средний кратеры'	131300	6133,8	1615,5	—
Суммарная потеря воды, т				
без учета осадков		1655,3	970,9	276,3
с учетом осадков **		7789,1	2586,4	276,3
Среднесуточные потери за счет подземного стока, т/сутки				
с учетом осадков **		865,5	646,6	276,3
без учета осадков		183,9	242,7	276,3

* Для расчетов взяты площади озерков по состоянию на 1 сентября 1965 г. (Скрипко, Филькова, Храмова, 1966, стр. 43).

** Полученные значения потери воды с учетом осадков завышены, так как при расчетах баланса воды пренебрегли поверхностным и подземным стоком из Верхнего кратера, т. е. предполагали сток всех выпавших осадков в Горячее озеро.

могло бы вызвать подъем уровня в озерах соответственно на 0,9 и 0,25 м, однако он в это время непрерывно убывал.

Расчет величины подземного стока с учетом понижения уровня озерков и выпадения осадков по максимальным оценкам (без учета испарения и подземного стока из Верхнего кратера — табл. 1) показал, что среднесуточная величина подземного стока из Горячего озера с 29 сентября по 13 октября 1966 г. не превышала 280—860 т/сутки (3,2—10 л/сек) при средней величине 820 т/сутки (9,5 л/сек), что намного ниже значений подземного стока, полученных нами для периода 8—19 августа 1965 г. (169—173 л/сек — Скрипко, Филькова, Храмова, 1966, стр. 44) и примерно того же порядка, что и полученные по заведомо заниженным оценкам (без учета выпадения осадков) величины подземного стока из озера в период с 19 по 28 августа 1965 г. (по 10,9 л/сек).

Учитывая лишь понижение уровня воды в озерах, мы получили бы цифры в 2—3 раза меньшие, чем для периода 19—28 августа 1965 г. (2,1—3,2 л/сек вместе 4,9—10,9 л/сек в 1965 г.). Подземный сток из Го-

рячего озера до фреатического извержения 8 августа 1965 г., вероятно, был такой же, как в 1966 г. На это указывает постоянный уровень воды в озере в 1959—1965 гг., несмотря на пополнение воды в озере за счет атмосферных осадков.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ГОРЯЧЕГО ОЗЕРА

В июле 1966 г. температура воды озера вдали от fumarol изменялась в пределах от 16 до 24°С. Большое влияние на температурный режим оказывали талые воды снежников. Температура ручьев, стекающих в озеро со снежников северо-восточного борта кратера, была 2—3°С, а ручья, впадающего в озеро со стороны Верхнего кратера, 6,5°С. У юго-восточного берега озера, вблизи устья этого ручья, вода обычно была на 1—2° холоднее, чем в центре озера, а 24 июля, когда температура воды вдали от устья ручья была 19°С у юго-восточного берега она была 10°С. Вблизи fumarol южного и северо-восточного пляжа вода обычно на 2—20° теплее, чем вдали от выходов газов. Так, 20 июля, когда температура в центральной части озера была 24,5°С, у грифона, расположенного в 7 м от северо-восточного берега озера, она поднималась до 27°С. Вблизи сильных газовых струй, расположенных на мелководье или под берегом, вода нагревалась до 85°С.

10 сентября 1966 г., по данным Р. Б. Зезина, температура была у юго-восточного пляжа 38°С, в северной мелководной части восточного озерка, изобилующей подводными газовыми выходами, 88°С, в котле-грифоне у северо-восточного берега озера 82°С. С 29 сентября по 13 октября в этом грифоне она колебалась от 80 до 90°С. В юго-восточных и северо-восточных частях озера, благодаря интенсивной fumarольной деятельности, 29 сентября — 13 октября сохранялась сравнительно высокая температура воды — в юго-восточном озерке 16,5—22°С, в северо-восточном +19—27°С. В юго-западных и северо-западных озерках температура воды 29 сентября была 16—17°С, в октябре она понизилась до 0—5°С. 12—13 октября западные озерки были покрыты тонким (0,5—1 см) льдом, под которым скапливались газы, временами взламывавшие ледяную корку.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ ГОРЯЧЕГО ОЗЕРА

В течение лета 1966 г. концентрация всех компонентов и общая минерализация непрерывно возрастали. В западной половине озера как в 1965 г., так и в 1966 г. концентрация была выше, чем в восточной, где наблюдался интенсивный приток маломинерализованных поверхностных вод из Верхнего кратера и с тающих снежников на восточной стенке кратера.

Пробы, отобранные в 1966 г. в разное время и в различных частях озера (табл. 2), оказались очень близкими по солевому составу и различались лишь по минерализации.

Катионный состав вод Горячего озера был довольно близок к составу продуктов кислотного выщелачивания серной кислотой или смесью серной и соляной кислот из андезитов (Набоко, Сильниченко, 1960, стр. 128, табл. 4).

Наиболее заметное и существенное изменение химического состава — уменьшение более чем на порядок концентрации хлор-иона по сравнению с 1965 и предшествующими годами. Так, если в северо-западной

Недиссоциированные молекулы	142,3	4,3	3096,06	1,85
H_2SiO_3	124,1	4,3	2669,87	1,79
H_3PO_4	137,1	4,5	3429,64	1,84
Общая минерализация	131,9	3,6	2221,21	1,90
pH	178,7	3,7	2300,15	1,80
	124,1	3,3	2113,84	1,86
	438,1	3,2	3813,14	1,79
	117,0	3,3	2191,12	1,85
	153,4	1,5	1656,25	1,94

части озера 19 августа 1965 г. концентрация Cl^- была 1319 мг/л при суммарной концентрации $HSO_4^- + SO_4^{2-}$ около 1700 мг/л (Скрипко, Филькова, Храмова, 1966, стр. 48—49, табл. 1), то 29 сентября 1966 г. концентрация Cl^- была 139 мг/л при суммарной концентрации $HSO_4^- + SO_4^{2-}$ около 1900 мг/л (табл. 2). По-видимому, это объясняется тем, что после практически полного ухода вод, находившихся в озере в 1965 г., новый состав вод был сформирован за счет поступления эманаций, в которых сера резко преобладала над хлором. Такое изменение химического состава вулканических эманаций — уменьшение на порядок концентрации Cl^{2-} при почти постоянном содержании серы — было отмечено нами для конденсатов, отобранных на северо-восточном fumarольном поле летом 1965 г., по сравнению с пробами, взятыми там же в 1964 г. (Скрипко, Филькова, Храмова, 1966, стр. 53—54, табл. 5—6).

Представление о природе и составе поступающих в озеро термальных вод и газов дает сравнение пробы, отобранной из грифона в северо-западной части озера, с пробой, взятой в той же части озера, но вдали от грифона (табл. 2). Проба воды из грифона отличается в 1,5 раза более высокой концентрацией сульфатной серы. Кроме того, вода здесь характеризуется более чем вдвое меньшей концентрацией железа и значительно большими концентрациями остальных компонентов, особенно натрия (более чем в 2 раза), кальция (в 1,5 раза), кальция (более чем в 2,5 раза), кремнекислоты (почти в 4 раза). Это указывает, с одной стороны, на осаждение из воды железа сероводородом в виде сульфидов, которые образуют серую пену на поверхности воды в грифоне, и, с другой — на привнос сопровождающими газы термальными водами главным образом кремнекислоты и сульфатов кальция и щелочных металлов. В то же время, нельзя не учитывать, что после ухода вод озера на большой площади обнажились серные илы. Кислые сульфатные воды, формирующиеся при окислении элементарной серы в илах и на окружающих fumarольных полях, несомненно, также принимали активное участие в формировании существенно сульфатного состава вод Горячего озера.

ЛИТЕРАТУРА

- Набоко С. И. и Сильниченко В. Г. К вопросу о метаморфизме гидротермальных растворов и вулканогенных пород при их взаимодействии. — Труды Лабор. вулканол. АН СССР, вып. 18, 1960.
- Скрипко К. А., Филькова Е. М., Храмова Г. Г. Состояние вулкана Эбеко летом 1965 г. — Бюлл. вулканол. станций, № 42, 1966.