

Краткие сообщения

УДК 551.221

**ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ И ТЕПЛОВОЙ ПОТОК
ВУЛКАНОВ ЭБЕКО И КРАШЕНИННИКОВА
(о. ПАРАМУШИР, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)**

© 2006 Т.А. Котенко, Л.В. Котенко

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 68300; e-mail:
kotenko@sevkur.sakhalin.ru*

Приводятся данные об изменениях в состоянии гидротермальных проявлений вулкана Эбеко в северной части хребта Вернадского (о-в Парамушир, Северные Курильские о-ва). Используются материалы экспедиционных работ 2001-2004 гг. Сообщается о появлении термальной деятельности в кратере вулкана Крашенинникова, не проявлявшего вулканической активности в исторический период. Сделан расчет теплового потока (вынос тепла парогазовыми струями и горячими водами) вулканов Эбеко и Крашенинникова.

ВВЕДЕНИЕ

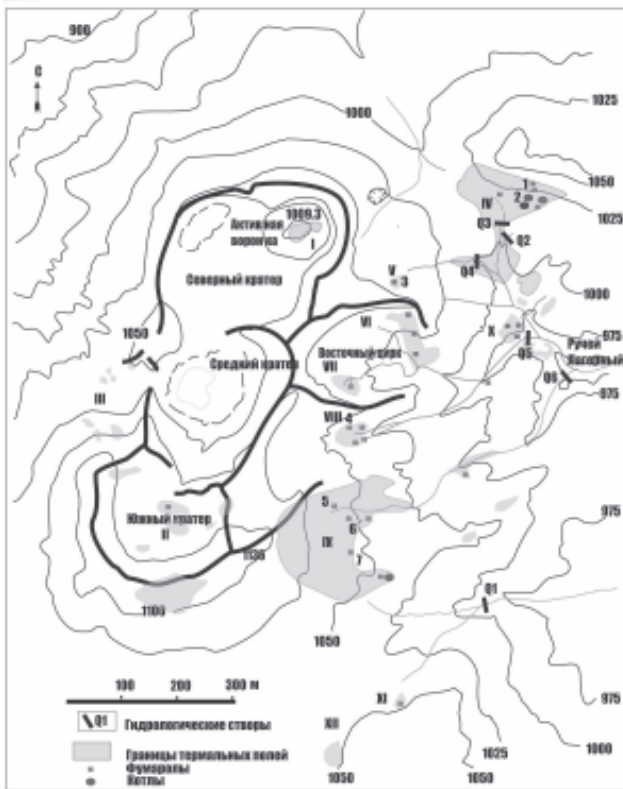
Вулканический хребет Вернадского — длительно развивающаяся сложная тектоно-магматическая структура, в которой расположена Северо-Парамуширская гидротермально-магматическая конвективная система (Белоусов и др., 2002). Интерес к этому району не ослабевает в течение нескольких десятков лет. Детальное систематическое описание поверхностных гидротермальных проявлений начато в 50-е годы прошлого века с целью создания основы для наблюдения за динамикой их изменений. В настоящее время в пределах хребта Вернадского поверхностные газогидротермальные проявления сосредоточены на двух участках. Первый представлен действующим андезитовым вулканом Эбеко, второй — вулканом Крашенинникова.

**ФУМАРОЛЬНЫЕ ПОЛЯ ВУЛКАНА ЭБЕКО
ПО СОСТОЯНИЮ НА АВГУСТ 2004 г.**

Поверхностная газогидротермальная деятельность вулкана Эбеко на фоне постоянства тепловой отдачи весьма динамична. При описании особенностей ее проявления выделяется три группы фумарольных полей, отличающихся по характеру деятельности и химическому составу

газов и вод гидротерм (Нехорошев, 1960; Мархинин, Сидоров, 1966 и др.). Схема рассматриваемого района представлена на рис. 1. На ней нанесены границы термальных площадок, положение которых сначала определялось по фотосъемке, сделанной при облете вулкана на вертолете 18 февраля 2002 г. (рис. 2), а затем было откорректировано во время полевых работ в конце октября 2003 г. Открытые от первого снега участки были представлены наиболее яркими температурными аномалиями. Для удобства сравнения теплоотдачи различных фумарольных полей вулкана сохранены номера полей (рис. 1), принятые предыдущими исследователями (Нехорошев, 1960; Мархинин, Сидоров, 1966; Меняйлов и др., 1988).

Первая группа включает в себя два поля: Южного кратера и Активной воронки Северного кратера. Фумарольная деятельность в Среднем кратере прекратилась после извержения 1987-91 гг. Тогда же было уничтожено озеро Серное в Активной воронке и озеро Горячее в Среднем кратере, а также озеро Снежное, располагавшееся ранее в седловине между Северным кратером и Северо-Восточным полем. Дно Северного кратера к концу сентября 1989 г. (Мелекесцев и др., 1993) было засыпано пирокластикой в среднем на 4.2 м при максимальной толщине 11 м. В Южном



кратере парогазовые выходы сосредоточены в северной его части на 2-3-х метровом возвышении, сложенном отложениями сульфидов и самородной серы. Выходы струй постоянно мигрируют, образуя небольшого диаметра (не

Рис. 1. Схема расположения термальных полей вулкана Эбеко по данным ряда авторов (Нехорошев, 1960; Меньяйлов и др., 1988; Мелекесцев и др., 1993; Белоусов и др., 2002), с изменениями. Римскими цифрами обозначены термальные поля: I – Активная воронка, II – Южный кратер, III – Западное поле, IV – Северо-Восточное поле, V – поле fumarолы Гремучей, VI – поле fumarолы Флоренского, VII – Первое Восточное поле, VIII – Второе Восточное поле, IX – Юго-Восточное поле, X – поле ручья Лагерный, XI – Второе Юго-Восточное поле, XII – Третье Юго-Восточное поле. Арабскими цифрами обозначены крупные fumarолы и котлы: 1 – «Ревущая у тропы», 2 – Большой котел Северо-Восточного поля, 3 – Гремучая, 4 – Ураганная, 5 – Фаллическая, 6 – Рогатая, 7 – Большая.

более 5-8 см) отверстия или щели, инкрустированные кристаллами серы. Наблюдается рассеянное парение у подножия стенки кратера в юго-западной части, где высачивается ручей с малым дебитом. Еще две термальные площадки с рассеянным парением расположены на стенке кратера в северо-западной его части и на южной бровке. Температура выхода пара и газов составляет 90-105°C. В Активной воронке наблюдается прогрев узкой полосы немного выше дна кратера (восточный – юго-восточный склон) с двумя действующими в ее пределах небольшими парогазовыми струями и температурами газов от 83 до 100°C.

Вторая группа fumarольных полей занимает восточный склон вулкана Эбеко и северо-за-



Рис. 2. Восточные склоны вулкана Эбеко. Фото Т.А. Котенко 18.02.2002 г.

падный считающегося потухшим вулкана Неожиданный (поля IV-XII, рис. 1).

Северо-Восточное фумарольное поле (IV) – его площадь чуть более 0.02 км². Здесь действуют постоянно 4 крупные фумаролы, среди которых самая мощная – «Ревущая у тропы» (режимная для отбора газов), а также 3 кипящих котла. Фумарола «Ревущая у тропы» представляет собой невысокую серную постройку (до полуметра) с высокой скоростью истечения газов (30 м/с) и диаметром отверстия 1–2 см. Температура газов всех фумарол не более 110°C, а вод котлов 96–100°C. Остальные проявления – слабые парогазовые струи со скоростью газов на выходе ниже 0.5 м/с и небольшие котлы, которые существуют временно в период максимальной обводненности. В границах этого поля берут начало два истока ручья Лагерного. Еще один исток начинается на склоне Северного кратера под термальной площадкой фумаролы Гремучей. Сама площадка овальной формы с осями 11 и 25 м. Долгое время фумарола имела два жерла с серными постройками вокруг них высотой до 1 м. Начиная с 2003 г., выделение газов на этом поле стало резко уменьшаться, и к августу 2004 г. Лишь через верхнее жерло еще происходило слабое парение.

Поле фумаролы Флоренского (рис. 1) представлено тремя средними фумаролами и многочисленными слабыми струями из отверстий и щелей, вблизи русла ручья постоянно образуются небольшие лужицы и кипящие грифончики. Температура газов составляет 126–130°C. Противоположный борт Восточного цирка (VII) занят термальной площадкой с двумя фумаролами: одна из них – мощная парогазовая струя с температурой газов на выходе до 143°C. Вторая, более слабая, на расстоянии 1.5 м от неё ближе к склону, существует только в период снеготаяния или после сильного дождя.

Второе Восточное поле (VIII, рис. 1) расположено по крутым бортам и дну русла ручья. Отличается высокой активностью и большим объемом выделяемых газов. Как следствие, на участке имеет место постоянная высокая загазованность, сильно затрудняющая работу. В левом борту действуют две фумаролы: одна из них – небольшой серный столб высотой 0.6 м с температурой газов от 90 до 98°C. Другая, высотой более 1 м, получила имя Ураганная за большую скорость истечения газов (60 м/с), гул и выбрасывание кусков серной постройки по потоку. Летом 2002 г. температура газов фумаролы Ураганной была самой высокой на вулкане Эбеко (385°C). В конце мая 2003 г. температура газов упала до 120–130°C, но скорость струи сохранилась. Вдоль русла ручья отмечаются выходы многочисленных источников с нестабильными дебитами и температурами, сильно зависящими от метеорологических усло-

вий. Правый борт представляет собой сплошную площадку серных отложений с мощными парогазовыми струями, бьющими из многочисленных щелей и отверстий. Температура на выходе не превышает 110°C, скорость самой мощной струи достигает 60 м/с.

Юго-Восточное термальное поле (IX, рис. 1) характеризуется самой большой площадью прогрева и мощными фумаролами с крупными серными постройками. Основные изменения выразились здесь, во-первых, в общем, уменьшении расхода газов (табл. 1), во-вторых, в появлении новой активной фумаролы Фаллической (рис. 3). В середине июля 1998 г. отмечен скачок температур в фумаролах Большой и Рогатой Юго-Восточного поля – до 438°C, в Южном кратере – до 463°C (Фазлуллин и др., 1998). 21 июля 1998 г. на глазах сотрудников Института вулканологии ДВО РАН С.М. Фазлуллина и Л.В. Котенко образовалась новая фумарола. Температура газов на выходе из устья составляла 223°C. Сейчас она колеблется от 118 до 199°C. Внутренняя часть устья фумаролы выстлана медовой β-серой, для неё характерно постоянное истечение жидкой серы из трещин в основании метровой постройки, часто эти потеки имеют кремовый цвет. Скорость струи составляет 20–25 м/с при диаметре отверстий (чаще всего их несколько) 4–5 см. На противоположном берегу ручья находится фумарола Рогатая, получившая имя за растущие на её внешних стенках выступы, шипы и пальцы. Чуть ниже – еще одна крупная постоянно действующая постройка. Южнее Рогатой – режимная фумарола Большая с длинным рядом наблюдений за температурой газов и их составом. Для всех крупных фумарол, кроме Фаллической, сейчас характерны: температуры газов на выходе из устья 100–110°C, скорости струй менее 1 м/с, диаметры отверстий от 0.6 м до 1 м. В юго-восточной части этого поля находится еще одна группа парогазовых струй с такой же температурой, несколькими выходными отверстиями и диаметрами не более 2–3 см в серном бугре. В 12 м к югу действует единственный в этой части кипящий котел округлой формы диаметром 0,6 м и температурой воды 96°C. Из котла вытекает небольшой ручей, дающий начало одному из истоков ручья Лагерный. Ниже котла на 70 м по течению ручья, где расход воды достигает 1 л/с, T=22.7°C, pH=1.2, общая минерализация составляет 1.2 г/л, появилась колония предположительно тионовых микроорганизмов, внешне похожих на пучки белых нитей, лежащих на поверхности (рис. 4). В 2001 г. этого не наблюдалось.

Первое Юго-Восточное поле находится на северо-западном склоне вулкана Неожиданного. Это небольшая серная площадка с единственной парогазовой струей (T=98–100°C, скорость струи

Таблица 1. Оценка выноса тепла фумаролами и термальными водами вулканов Эбеко и Крашенинникова

Фумарольное поле	Q, ккал/час			
	1960 г. (1)	1979 г. (2)	1983 г. (3)	2002 г. (4)
Северо-Восточное поле	$1.1 \cdot 10^7$	$3.2 \cdot 10^6$	$3.2 \cdot 10^6$	$8.7 \cdot 10^5$
Поле ручья Лагерного	-	$1.3 \cdot 10^6$	$1.3 \cdot 10^6$	$6.7 \cdot 10^4$
Поле фумаролы Гремучей	-	$1.9 \cdot 10^7$	$9.1 \cdot 10^6$	$4.6 \cdot 10^4$
Поле фумаролы Флоренского	$2.6 \cdot 10^6$ #	$6.5 \cdot 10^5$	$6.5 \cdot 10^5$	$4.3 \cdot 10^5$
Первое Восточное поле		$6.5 \cdot 10^6$	$1.8 \cdot 10^7$	$5.7 \cdot 10^5$
Второе Восточное поле	$5.0 \cdot 10^6$	$6.5 \cdot 10^6$	$6.5 \cdot 10^6$	$1.9 \cdot 10^7$
Юго-Восточное поле	$2.7 \cdot 10^6$	$9.1 \cdot 10^6$	$9.1 \cdot 10^6$	$3.7 \cdot 10^6$
Западное поле	-	$6.5 \cdot 10^5$	$6.5 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^4$
Северный кратер	-	$3.2 \cdot 10^6$	$3.2 \cdot 10^6$	$6.1 \cdot 10^2$
Средний кратер	$7.8 \cdot 10^5$	-	-	-
Южный кратер	$1.7 \cdot 10^6$	-	-	$7.8 \cdot 10^4$
Термальные источники ручья Лагерный	$9.7 \cdot 10^6$			$2.5 \cdot 10^6$
Верхне-Юрьевские горячие источники	$5.8 \cdot 10^7$ *			$2.6 \cdot 10^7$
Вынос тепла всеми фумарольными струями Эбеко	$2.4 \cdot 10^7$	$5.1 \cdot 10^7$	$5.2 \cdot 10^7$	$2.5 \cdot 10^7$
Общий вынос тепла вулканом Эбеко	$9.2 \cdot 10^7$			$5.4 \cdot 10^7$
Вынос тепла вулканом Крашенинникова				$3.1 \cdot 10^4$

Примечание. (1) – по работе (Нехорошев, 1960), (2) и (3) – (Меняйлов и др., 1988), (4) – данные авторов. Знак (#) для колонки (1) – величина рассчитана для поля фумаролы Флоренского и Первого Восточного поля в сумме; знак (-) для колонок (2) и (3) означает, что вынос тепла в данном районе незначителен и потому не оценивался; знак (-) для колонки (4) означает, что фумарольной деятельности в Среднем кратере нет. (*) - данные взяты из работы (Зеленов, 1958).

12 м/с). Второе Юго-Восточное поле расположено также на склоне вулкана Неожиданного за небольшим перевалом, ограничивающим водораздел ручья Лагерного. Размер прогретой площади 70 x 70 м. Крупных построек нет, наблюдаются слабые струйки и рассеянное парение.

Третья группа – термальное поле западного склона (рис. 1). Оно представлено слабыми парогазовыми струями самой термальной площадки (температура газов не превышает 88°C) и Верхне-Юрьевскими горячими источниками. Верхне-Юрьевские горячие источники, которым посвящено большое количество исследова-



Рис. 3. Фумарола Фаллическая Юго-Восточного термального поля вулкана Эбеко. Видны потоки жидкой серы на склоне. Фото Т.А. Котенко.



Рис. 4. Колония бактерий в истоке ручья Лагерный. Фото Л.В. Котенко.

тельских работ, сосредоточены вдоль русла реки на протяжении 1 км и представляют собой крупный очаг разгрузки высокотемпературных минерализованных подземных вод с присутствием глубинной составляющей (Зеленов, 1958).

ТЕРМАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ВУЛКАНА КРАШЕНИННИКОВА

Вулкан Крашенинникова представляет собой четвертичное сооружение в средней части хребта Вернадского. Его низкий конус вложен в более древний внешний конус, сильно разрушенный и сохранившийся только в западной части. Кратер имеет диаметр 230 м и глубину около 50 м (глубокая взрывная воронка в западной части кратера). Гребень кратера с восточной стороны имеет глубокий вырез. К восточной стенке крепится снежник-перелеток, талые воды которого образуют небольшое озеро. Второй снежник



сохраняется у подножия южной стенки. Породы северо-восточного и восточного секторов кратера и молодого и более древнего конусов подверглись сильному гидротермальному изменению. В сторону Тихого океана спускаются многочисленные потоки глыбовой лавы, которые перекрывают более древние потоки внешнего конуса (Горшков, 1967). Вулкан Крашенинникова в историческое время активности не проявлял. Первое сообщение о том, что из кратера поднимаются струйки пара, поступило от охотоведа Н.Е. Колотилина 17 января 1999 г. Посещение кратера показало следующее: в кратере образовались термальные площадки, началось выделение газа. Газ наблюдался в виде рассеянного парения, но присутствовал и несколько слабых парогазовых струй, достаточных для отбора газов на химический анализ. 13 мая 1999 г. сотрудники Института вулканологии ДВО РАН В.Г. Пушкарев и Л.В. Котенко провели осмотр кратера и сделали измерения температуры газов. Температура наиболее активных выходов газа составила соответственно 96 - 98°C. Высота подъема парогазовых струй была 20-30 м.

В марте 2002 г. во время вертолетного облета сделаны фотоснимки (рис. 5), по которым составлена схема кратера и термальных площадок (рис.

Рис. 5. Термальные площадки в кратере вулкана Крашенинникова по состоянию на 18.02.2002 г. Фото Т.А. Котенко.

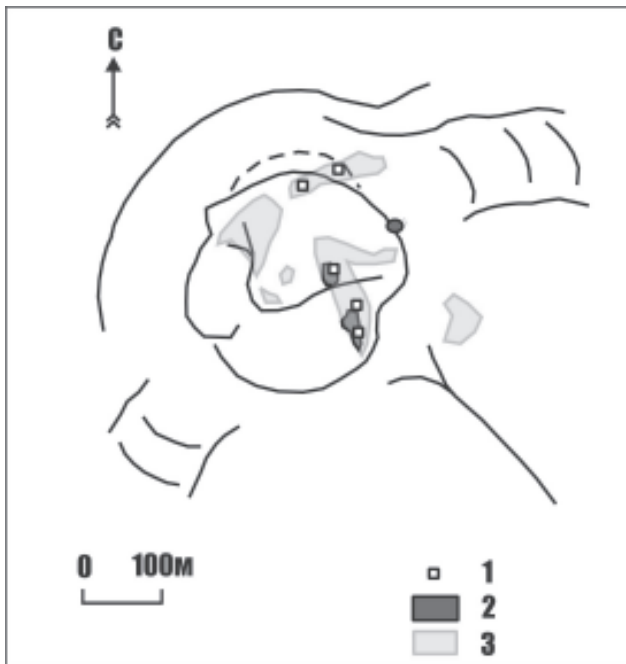


Рис. 6. Схема термальных площадок вулкана Крашенинникова. 1 — наиболее активные паро-газовые струи (режимные точки измерения температур и отбора газов). 2, 3 — границы термальных площадок: 2 — по состоянию на май 1999 г., 3 — по состоянию на август 2004 г.

6). К зиме 2003 г. значительно увеличились как площадь прогретых участков (рис. 6), так и мощность отдельных выходов газа. Высота подъема струй в штиль стала достигать 200 м. В августе 2004 г. замеры температуры газов в режимных точках дали следующие значения: 102, 96 и 97°C. Появились новые области прогрева вблизи дна взрывной воронки.

ОБЩИЙ РАСХОД ГАЗОВ И ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ ВУЛКАНА ЭБЕКО

Основными путями выноса тепла из недр вулкана Эбеко, как считает А.С. Нехорошев (1960), являются.

1. Вынос тепла газовыми и паровыми струями.
2. Отток тепла в атмосферу за счет теплопроводности пород (в данной работе не рассматривается).

3. Вынос тепла термальными источниками.

Для оценки первой составляющей необходимо знать общий вес пара, выносимого на поверхность, и его температуру. Объем пара, выделяемый фумаролой в единицу времени, определялся по скорости газовых струй на выходе из ее устья и площади выходного отверстия. Скорость истечения пара замерялась ручным чашечным анемометром со счетным механизмом МС-13. Для измеренной скорости вводился

поправочный коэффициент на различие плотности пара и воздуха, равный приблизительно 1.3 (то есть расчетное значение скорости пара увеличивалось в 1.3 раза). Тепловая мощность рассчитывалась по формулам (Нехорошев, 1960):

$$Q = G i \quad (1)$$

$$G = V/v \quad (2),$$

где G — вес пара, кг; V — его объем, м³; v — удельный объем, м³/кг; i — теплосодержание (удельная энтальпия) пара в ккал/кг. Удельный объем и удельная энтальпия пара определялись по термодинамическим таблицам водяного пара для давления 0.9 атм (средняя высота нахождения фумарол 1050 м над уровнем моря, для этой высоты атмосферное давление по сравнению с нормой, в среднем, составляет 0.88 атм и менее). Температуры истечения газов замерялись одновременно с определением расходов. Согласно многочисленным данным химического анализа фумарольных газов вулкана Эбеко доля других газов в составе парогазовой смеси составляет менее 5%. Парциальное давление водяного пара уменьшается не более чем на 0.05 атм, что ведет к увеличению теплосодержания пара при измеренных температурах, но не более чем на 0.1 ккал/кг, чем можно пренебречь (Нехорошев, 1960).

Дополнительно тепловая мощность определялась также по высоте подъема струй. Использовалась формула, предложенная Международной рабочей группой CONCAWE (Conservation of Clean Air and Water, Western Europe):

$$Q, \text{ кВт} = 0.136 \Delta h^2 \times u^{1.5} \quad (3),$$

где Q — тепловая мощность струи, кВт; Δh — высота средней линии горизонтальной части шлейфа, м; u — скорость ветра на этом уровне, м/с.

А также использована формула для условий штиля и слабого ветра, внесенная С.А. Федотовым (1982) в систему уравнений для оценки выноса тепла и пироклаستيку вулканическими извержениями и фумаролами по высоте их струй и облаков:

$$Q, \text{ кВт} = (\Delta h_T / 46)^4 \quad (4),$$

где Q — тепловая мощность источника, кВт; Δh_T — максимальная высота струи или конвективной колонны. Это позволило получить характеристики для тех участков, где замерить скорость истечения газов не представляется возможным; или уточнить их для термальных площадок с многочисленными выходами, где скорости истечения газов из отверстий меньше чувствительности прибора. Такая ситуация, к примеру, характерна для Южного кратера, Северо-Восточ-

Таблица 2. Расчет тепловой мощности для термальных полей и отдельных фумарол вулкана Эбеко

Название фумаролы или поля	Расчет по формулам (1), (2)					Q (ккал/час) по ф.(3,4)	Q котлов (ккал/час)
	T°С	(м³/с)	v (м³/кг)	I (ккал/кг)	Q (ккал/час)		
Северо-восточное поле (без котлов)	110	0.03	1.941	644.22	3.5 · 10 ⁴	1 · 10 ^{5*}	
Котлы Северо-Восточного поля	100					5.8 · 10 ⁵	7.7 · 10 ^{5*}
Фумарола Ревущая	110	0.01	1.941	644.22	1.2 · 10 ⁴	1.3 · 10 ^{4*}	
Фумарола Гремучая	110	0.017	1.941	644.22	2 · 10 ⁴	4.6 · 10 ^{4*}	
Поля фумаролы Флоренского и Первое Восточное	130	0.84	2.047	653.66	9.7 · 10 ⁵	1 · 10 ^{6*}	
Второе Восточное поле без фумаролы Ураганной	110	3.38	1.941	644.22	4 · 10 ⁶	1.6 · 10 ^{7*}	
Фумарола Ураганная	385	2.34	3.360	778.1	2 · 10 ⁶	2.9 · 10 ^{6*}	
Юго- Восточное поле без котла	110	3.05	1.941	644.22	3.6 · 10 ⁶	3.7 · 10 ^{6*}	
Котел Юго-Восточного поля	100						0.09 · 10 ⁶
Фумарола Фаллическая	130	0.15	2.047	653.66	1.7 · 10 ⁵	1.7 · 10 ^{5*}	
Южный кратер	100	0.027	1.888	639.5	3.4 · 10 ⁴	7.8 · 10 ^{4*}	
Активная воронка Северного кратера	100	0.0005	1.888	639.5	6.1 · 10 ² *		
Фумаролы ручья Лагерного	100					6.7 · 10 ^{4*}	
Западное поле	100					6 · 10 ^{4*}	

Примечание. (*) - данные, использованные для подсчета суммарного теплового потока.

ного поля, поля фумаролы Флоренского и большого участка Второго Восточного поля.

Расчет тепловой мощности для термальных полей и отдельных фумарол приведен в табл. 2.

Теплоотдача котлов считалась исходя из площади поверхности, принимая удельную теплоотдачу энергично кипящей поверхности (Dawson, 1954), равной 170 кДж/м² · с, при скорости ветра 1-2 м/с и температуре 100°С.

Обратимся к третьему источнику тепловой энергии - термальным источникам. Энтальпия воды численно равна её температуре, поэтому вынос тепла определяется как:

$$Q = q \times T \quad (5),$$

где Q – вынос тепла, ккал/сек; q – дебит источника, л/с; T – температура воды, °С. Так как значительная часть вод не образует источников, а высачивается по крутым бортам оврагов, то мы сочли правильным вести подсчет по данным

гидрологических створов, указанных на рис. 1. Эти створы характеризуют определенные участки водосборного бассейна ручья Лагерного. Для оценки теплоотдачи водного потока на протяжении от источников до створов была использована зависимость:

$$\Delta Q = c m (t_2 - t_1) \quad (6),$$

где ΔQ – количество теплоты, выделяемое при охлаждении, c – удельная теплоемкость воды, m – масса вещества (масса воды, проходящей за единицу времени через живое сечение створа), t₂ – средняя температура источников, t₁ – температура воды ручья в створе.

Предварительно для Северо-Восточного поля была проведена сравнительная оценка расчета тепловых потерь по формуле (6) и полученных в результате полевых измерений (замерялись расходы и температуры всех источников и расходы и температура воды ручья ниже всех источников по течению на 70 м (створ 3, рис.1)).

Таблица 3. Расчет теплового потока ручья Лагерный

№ створа	Расчет по формуле (5)			Расчет по формуле (6)		Q _{общ} · 10 ⁵ (ккал/час)
	T°С	q (л/с)	Q · 10 ⁵ (ккал/час)	(t ₂ - t ₁)	ΔQ · 10 ⁵ (ккал/час)	
1	37	1.0	1.33	46	1.68	3.01
2	71	0.1	0.26	0	0	0.26
3	83	0.3	0.9	13	0.14	1.04
4	77	0.5	1.39	3	0.05	1.44
5	42	3.0	4.54	38	4.1	8.64
6	19	3.0	2.05	69	8.6	10.65
Сумма			10.47		14.57	25.04

Получив равные значения, для остальных fumarольных полей мы использовали расчетный метод определения тепловых потерь, понимая, однако, что полученные значения завышены, так как удельная теплоемкость термальных вод, представляющих собой сложные химические растворы, ниже удельной теплоемкости чистой воды. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Значительные отличия в оценке суммарного дебита источников (в работе (Нехорошев, 1960) дебит составлял 30 л/с, во время полевых работ в сентябре 2001 г. – был только 8 л/с) объясняются сильной зависимостью дебита ручьев от метеорологических условий. После обильного дождя все ручьи вздуваются, но при этом и существенно падает их температура. Поэтому на порядок получаемой величины выносимого водами тепла эти отличия существенного влияния не оказывают.

Следующая группа термальных источников – это Верхне-Юрьевские горячие источники (выходят за рамки рис. 1). К.К. Зеленов (1958) определил их суммарный дебит равным 180 л/с. Нам эта величина представляется несколько завышенной: к концу августа – началу сентября стаивают многочисленные снежники в русле р. Юрьева, за исключением двух-трех снежников-перелетков, которые можно не брать в расчет. В этот период расход воды в створе ниже всех термальных источников не превышает 130 л/с (данные наших гидрологических наблюдений за 2001–2003 гг.). Температура воды в русле реки в этот период не более 45°C. Температура самих многочисленных источников сильно варьирует – от 93 до 20°C. Несмотря на эти различия, полученная разными исследователями величина тепловой энергии, выносимой водами Верхнее-Юрьевских горячих источников сохраняет свой порядок: 5.8×10^7 ккал/час, по данным работы (Зеленов, 1958); и 2.6×10^7 ккал/час, по результатам гидрологических работ ИВ ДВО РАН 2001–2003 гг. Эта энергия сравнима с теплом, выносимым всеми паровыми струями вулкана Эбеко.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 2 представлены сравнительные данные по оценке выноса тепла fumarольными полями и водами вулкана Эбеко, полученные разными исследователями, а также тепловой поток паровых струй вулкана Крашенинникова. Очевидно, что значительно увеличился дебит Второго Восточного поля вулкана Эбеко, через которое происходит выделение 76% от общего количества тепла, выносимого паровыми струями. За время наблюдений за термическим режимом вулкана Эбеко центр активности переместился уже трижды: в 1967 г. – из района Северо-Восточного поля в район fumarолы Гремучей, в 1983 г. – в

район Первого Восточного поля (Меняйлов и др., 1988), а к 2002 г. – в район Второго Восточного поля. В то же время общая тепловая мощность fumarольных полей остается стабильной, как и вынос тепла водами ручья Лагерный и Верхне-Юрьевскими горячими источниками.

Таким образом, к лету 2004 г. произошли следующие основные изменения в перераспределении тепла fumarол и термальных источников.

1. Перемещение центра газо-гидротермальной активности вулкана Эбеко в район Второго Восточного поля.

2. Рост температуры газов fumarолы Ураганной до 385°C (лето 2002 г.), а затем ее падение до 120–130°C.

3. Почти полное прекращение существования fumarолы Гремучей, активно действовавшей с 1967 г.

4. Образование в 1999 г. термальных площадок и fumarол в кратере вулкана Крашенинникова и постепенное увеличение их активности.

Авторы признательны своим коллегам В.Г. Пушкареву, Е.Г. Калачевой, другим сотрудникам лаборатории геотермии Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН за поддержку и практическую помощь в полевых работах и при обработке материалов исследований, и выражают благодарность С.Н. Рычагову и В.А. Рашидову за обсуждение статьи и ценные критические замечания. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 06-05-64689а).

Список литературы

Белюсов В.И., Рычагов С.Н., Сугробов В.М. Северо-Парамуширская гидротермально-магматическая конвективная система: геологическое строение, концептуальная модель, геотермальные ресурсы // Вулканология и сейсмология. 2002. № 1. С. 34–50.

Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.

Зеленов К.К. О выносе растворенного железа в Охотское море гидротермами вулкана Эбеко (о. Парамушир) // Докл. АН СССР. Т. 20. 1958. № 5.

Мархинин Е.К., Сидоров С.С. Систематическое описание гидротермальных проявлений вулканов Эбеко и Влодавца по состоянию на 1959–1960 гг. // Опыт комплексного исследования района современного и новейшего вулканизма (на примере хребта Вернадского, о. Парамушир) // Тр. СахКНИИ. Южно-Сахалинск, 1966. Вып. 16. С. 135–147.

Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю. и др. Вулкан Эбеко (Курильские острова): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Ч.2. // Вулканология и сейсмология. 1993. № 4. С. 24–41.

Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Шапарь В.Н. Особенности химического и изотопного состава фумарольных газов в межэруптивный период деятельности вулкана Эбеко // Вулканология и сейсмология, 1988. № 4. С. 21-36.

Нехорошев А.С. Геотермические условия и тепловой поток вулкана Эбеко // Бюлл. вулканол. станций. 1960. № 29. С. 38-46.

Фазлуллин С.М., Тимофеева И.Ф., Котенко Л.В., Шапарь В.Н. Опыт слежения за состоянием вулкана Эбеко (Курильские острова) // Материалы Российско-японского полевого семинара

«Минерало-рудообразование в вулcano-гидротермальных системах островных дуг: от модели к эксплуатации». Петропавловск-Камчатский. 1998. С. 252-255.

Федотов С.А. Оценка выноса тепла и пирокластики вулканическими извержениями и фумаролами по высоте их струй и облаков // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 3-28.

Dawson G.S. The nature and assessment of Heat from Hydrothermal Freas. N.Z.J. // Geod. Geophys. 1954. Vol. 7. P. 105-155.

**THE HYDROTHERMAL MANIFESTATIONS AND HEAT FLOW
BY EBeko AND KRASHENINNIKOV VOLKANOES
(PARAMUSHIR Isl., KURIL ISLANDS)**

T.A. Kotenko, L.V. Kotenko

Institute of Volcanology and Seismology, FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatski, 683006, Russia

Happen to given about changes to condition hydrothermal manifestations of the Ebeko volkan in north part Vernadskogo ridge (Paramushir island, Northern Kuriles). It is the used material of the expeditionary work in 2001-2004. Communicates about appearance thermal platform in crater of the Krasheninnikov volcano, not shown volcanic activity at history period. It is made calculation of the heat flow (the gas-steam stream and hot water) by Ebeko and Krasheninnikov volcanoes.