

УДК 551.21: 551.435: 552.142

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЯХ КИХПИНЫЧСКОГО
ДОЛГОЖИВУЩЕГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

О.Ф. Карданова, И.К. Дубровская

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
683006, E-mail kof@kcs.iks.ru*

Впервые Кихпиньчский долгоживущий вулканический центр (КДВЦ) выделил В.И.Белоусов [1]. Координаты активной вершины вулкана Кихпиньч - 54°37' с.ш., 160°36'

в.д. [2,3]. Массив Кихпиныч включает несколько разнородных и разновозрастных сооружений. Вулкан Старый Кихпиныч (гора Пик) образовался в Восточной вулканической зоне в интервале 23-40 тыс. лет [2]. Постройка вулкана Старый Кихпиныч служит основанием для двух базальтовых конусов Молодого Кихпиныча и для расположенного несколько южнее дацитового вулкана Сопка Желтая [2,3]. Термальные поля Кихпинычского долгоживущего вулканического центра (КДВЦ) (рис. 1) изучались наземными методами в 1976, 1978-1982, 1986 и 1997 гг., при этом Верхне - Гейзерное поле посещалось в 1976, 1978-1982, 1986 гг., верховья р. Гейзерной - в 1978-1982, 1986, 1997 гг., кратер в. Старый Кихпиныч - в 1980-1982, 1997 гг. В статье использованы материалы ИК-съемки района, проводившиеся в 1982, 1988, 1989 гг.

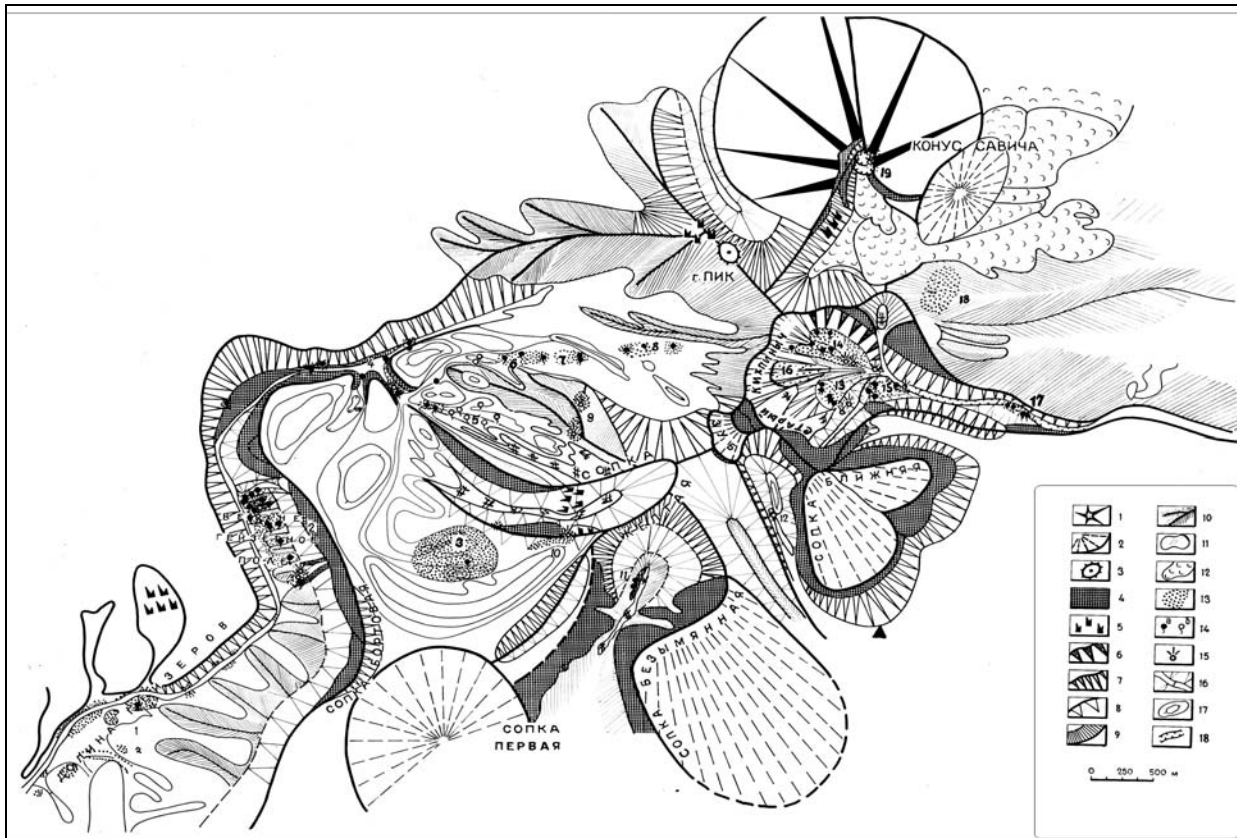


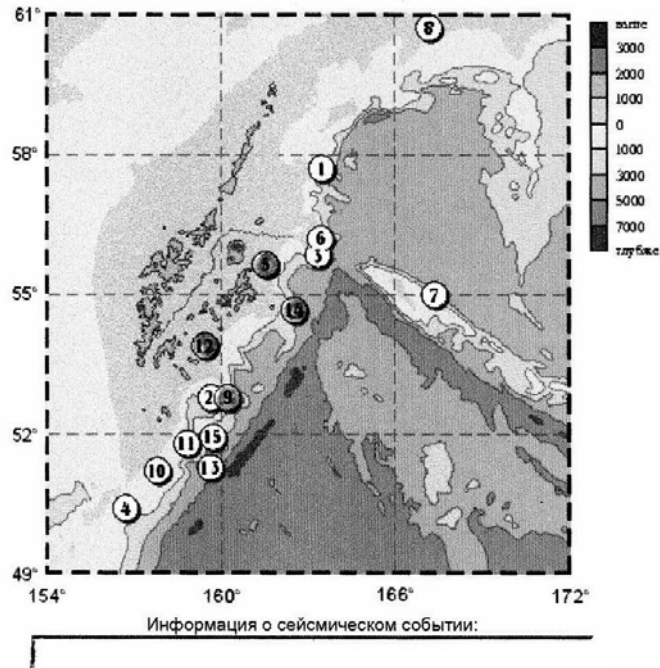
Рис. 1. Схематическая карта расположения термальных полей КДВЦ. Условные обозначения: 1- лавовые конуса; 2 - лаво-пирокластические конуса; 3 - вершины; 4 - отвесные склоны; 5 - отдельные скалы; 6 - крутые склоны $\sim 60-70^\circ$; 7 - крутые склоны $\sim 50^\circ$; 8 - крутые склоны $\sim 40^\circ$; 9 - склоны $<40^\circ$; 10 - водоразделы; 11 - снежники; 12 - лавовые потоки; 13 - термальные поля (цифра - номер поля); 14 - термальные источники; 15 - паровые струи; 16 - водопады; 17 - горизонтали; 18 - отвесные (~ 200 м) склоны в «Щеках» ручья Кислого. Термальные поля: 1 - Долина Гейзеров; 2 - Верхне-Гейзерное; 3 - Южно-Кихпинычское термальное поле (ЮКТП); 4 - Долина Смерти; 5 - Каменный Карман; 6 - Теплое; 7 - Травертиновое; 8 - Перевальное; 9 - Северо-Кихпинычское; 10 - Вершинное; 11 - Исток руч. Короткий Ключ; 12 - Верховья руч. Извилистого; 13-16 - кратер в. Старый Кихпиныч: 13 - Южное, 14 - Северное, 15 - Восточное, 16 - Западное; 17 - «Щеки» руч. Кислого; 18 - Склоновое (СВ склон КДВЦ); 19 - Конус Савича.

Основными факторами, под влиянием которых происходили морфологические изменения на термальных полях КДВЦ, были землетрясения класса ≥ 13 с магнитудой ≥ 5.8 и атмосферные явления, подобные тайфуну «Эльза». Также оказывают влияние гидротермальное изменение пород, крутизна склона и трещиноватость пород.

Во время наземных исследований с 1976 по 1979 гг. не было отмечено изменений в морфологии термальных полей КДВЦ. Сейсмическая активность возрастает с 1980 года. По материалам ОМ ИОФЗ РАН [10] в радиусе 200 км от вулкана Старый Кихпиныч с января 1980 г. по конец декабря 1997 г. было отмечено землетрясений ≥ 15 класса 2 (магнитуда 6.8-7), ≥ 14 класса - 6 событий (магнитуда 6.3-6.6) и ≥ 13 класса - 34 землетрясения (магнитуда \geq

5.8); в радиусе 150 км от вулкана за этот период было зафиксировано 3 землетрясения ≥ 14 класса и 18 событий ≥ 13 ; в радиусе 100 км от вулкана одно землетрясение ≥ 14 класса и 8 событий ≥ 13 класса отмечены, а в радиусе 50 км - 1 событие ≥ 13 и 3 - ≥ 12 класса. Именно с периодом усиления сейсмической активности в районе КДВЦ связаны существенные изменения в морфологии термальных полей. Эпицентры землетрясений, находящихся на расстоянии не более 200 км от КДВЦ, выделены цветом на рис. 2.

Сильнейшие землетрясения полуострова Камчатка с 1962 года



Сильнейшие землетрясения полуострова Камчатка с 1962 года

Дата и время (UTC)	Широта град. с.ш.	Долгота град. в.д.	Глубина, км	Энергетический класс	Магнитуда М
1. 22/11/1969 23:09:00	57.70	163.50	25	15.3	7.7
2. 24/11/1971 19:35:30	52.77	159.66	100	15.9	7.3
3. 15/12/1971 08:29:55	55.85	163.35	25	15.4	7.8
4. 28/02/1973 06:37:50	50.40	156.70	70	15.5	7.5
5. 17/08/1983 10:55:55	55.64	161.53	97	15.4	6.8
6. 28/12/1984 10:37:53	56.18	163.45	19	14.0	7.5
7. 29/02/1988 05:31:39	54.99	167.38	40	13.9	7.1
8. 08/03/1991 11:36:30	60.90	167.20	35	14.4	7.0
9. 02/03/1992 12:29:38	52.76	160.20	20	14.6	7.1
10. 08/06/1993 13:03:37	51.20	157.80	40	15.0	7.4
11. 13/11/1993 01:18:07	51.79	158.83	40	14.6	7.1
12. 01/01/1996 09:57:45	53.88	159.44	0	14.3	7.0
13. 21/06/1996 13:57:06	51.27	159.63	1	13.9	7.3
14. 05/12/1997 11:26:51	54.64	162.55	10	15.5	7.9
15. 08/03/1999 12:25:42	51.93	159.72	7	14.3	7.1

При подготовке материала использованы данные Сейсмологического бюллетеня ОМ ОИФЗ РАН

Рис. 2. Сильнейшие землетрясения Камчатки (даты, координаты, глубина, магнитуда, энергетический класс). Эпицентры землетрясений, расположенных в радиусе ≥ 200 км от КДВЦ, выделены цветом.

В марте 1980 г. было землетрясение, которое в Кроноках фиксировалось как 6-балльное [4], и именно в этом году были отмечены первые серьезные изменения на термальных полях КДВЦ. В кратере вулкана Старый Кихпинич на Южном поле (участок Западный, рис. 3 б) был обнаружен свежий оползень. На Южно-Кихпиничском термальном поле появились новые грифоны. На Верхне-Гейзерном поле на участке Термальное болото (верх) отмечена небольшая оплывина, на участке Лагерный появилась новая фумарола. На

южной кромке кратера сопки Желтой уменьшилась интенсивность фумаролы в связи с уменьшением диаметра ее устья.

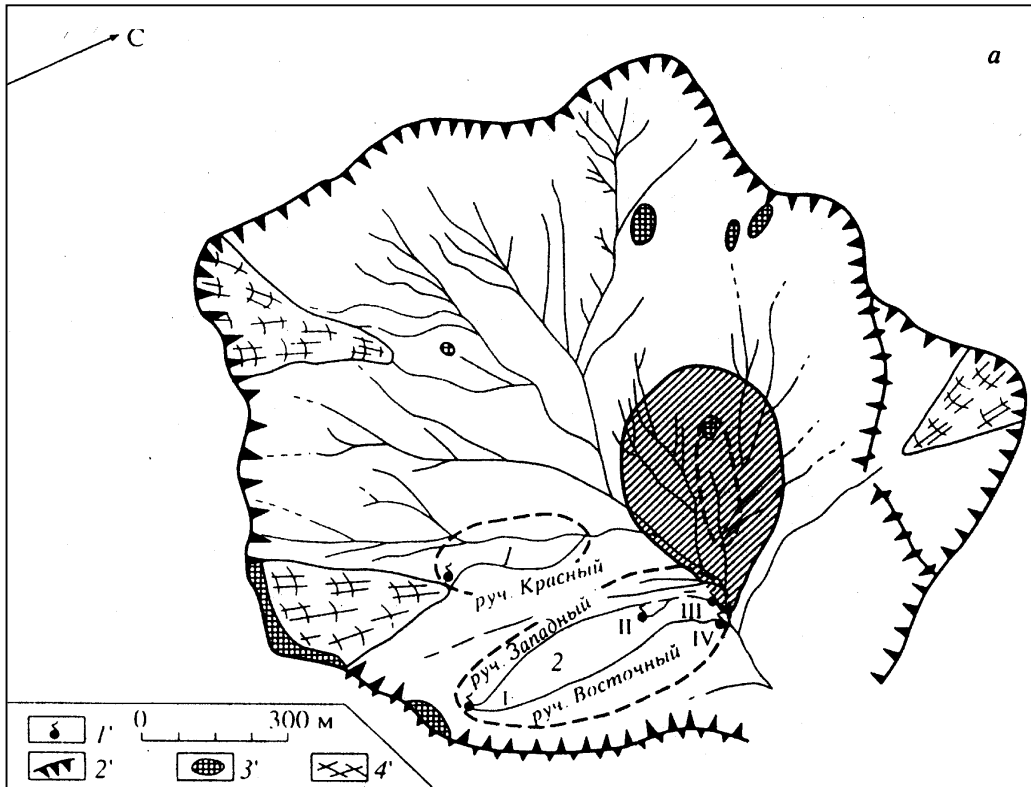


Рис. 3 а. Карта-схема расположения термальных полей в кратере в. Старый Кихпинич. Пунктирный контур – термальные поля: 1 - Южное; 2 - Восточное (источники: I - Карбонатный, II - Арагонитовый, III - Глиноземистый, IV - Железистый). Заштрихован обвал 1982 года на Северном поле. Условные обозначения: 1 - источники; 2 - отвесные стены; 3 - скальные выходы; 4 - снежки.

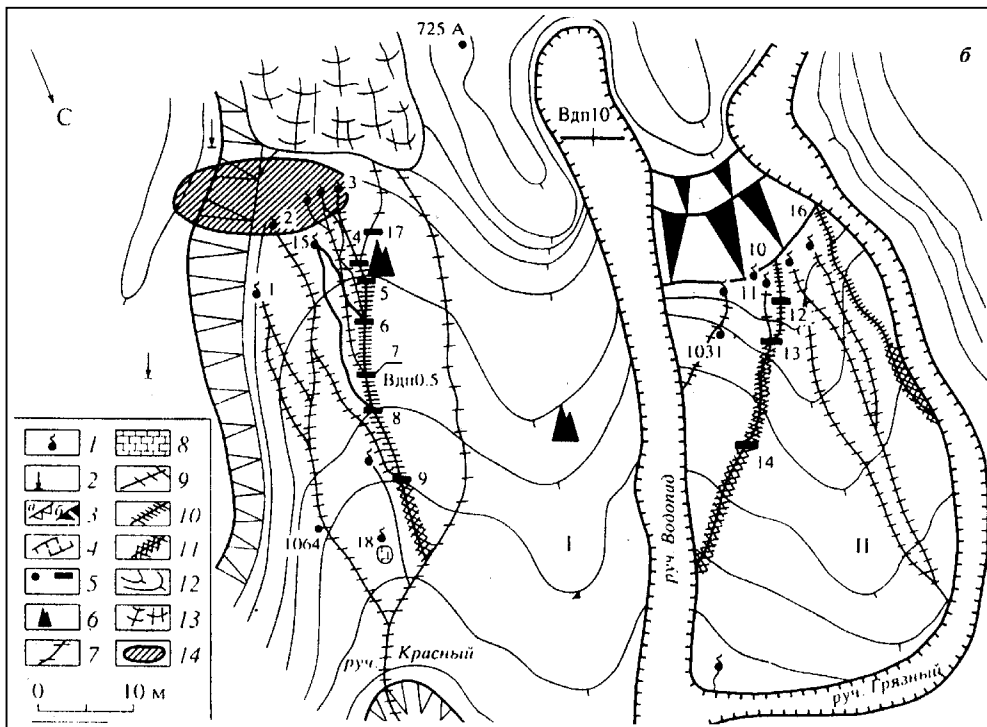


Рис. 3 б. Карта - схема Южного поля в кратере в. Старый Кихпинич на 1982 г. Условные обозначения: 1 - источники; 2 - сольфатары; 3 - крутые склоны <math>< 10\text{ м}</math> (а - гривки, б - оползнь 1980 года); 4 - отвесные склоны; 5 - места отбора осадков (точка - сухих, линия - влажных); 6 - отдельные глыбы; 7 - Fe осадки из кислых вод; 8-11 - осадки из нейтральных вод (8 - карбонатные, 9 - железистые, 10 - Al; 11 - Fe-Al); 12 - горизонталы через 2 м; 13 - снежки; 14 - оплывина 1981 г.

1 октября 1981 года произошло землетрясение 13.5 класса с магнитудой 6. Возможно, именно это землетрясение подготовило «почву» для заметного влияния тайфуна «Эльза» на отдельные районы Камчатки. Этот тайфун, прошедший 4-6 октября 1981 года, приведший в некоторых местах Камчатки к разрушению мостов и других объектов, в районе КДВЦ также оставил определенный след. В четырех участках были отмечены заметные морфологические изменения. Н.Г. и В.М.Сугробовы [8] в Долине Гейзеров отмечали, кроме некоторых морфологических изменений в районе гейзеритовых построек (Малахитовый Грот и др.), еще и изменения в составе воды и в режиме термопроявлений. По наблюдениям одного из авторов на месте трех грязевых котлов, располагавшихся северо-восточнее гейзера Большой, произошла оплывина, уничтожившая эти котлы. На участке Центральном Южного поля (см. рис. 3 б) в кратере вулкана Кихпиныч в районе источников произошла оплывина [7], когда на 3 м в западном направлении сместилась часть хребтика, ограничивающего поле с востока. Верхняя кромка оплывины опустилась по высоте на 0.5 м, а ее мощность в месте выхода источников была 0.5-1.0 м. В конце июля оплывина была еще частично под снегом. Через 20 дней восстановился дебит источников, наблюдавшийся в 1981 году. Аналогичная оплывина наблюдалась на склоне ближайшего к Долине Смерти холма (рис. 6). В районе водопада по ручью Второму (ниже впадения р. Гейзерной в р. Шумную, рис. 4) небольшой камнепад засыпал источник (точка 391, см. рис. 4), расположенный на высоте 3-4 м в северном борту этого ручья.



Рис. 4. Водопад по ручью Второму, в ~ 500 м от гейзера Первенец вниз по р. Шумной (фото В.Л. Леонова). Стрелками показаны источники .

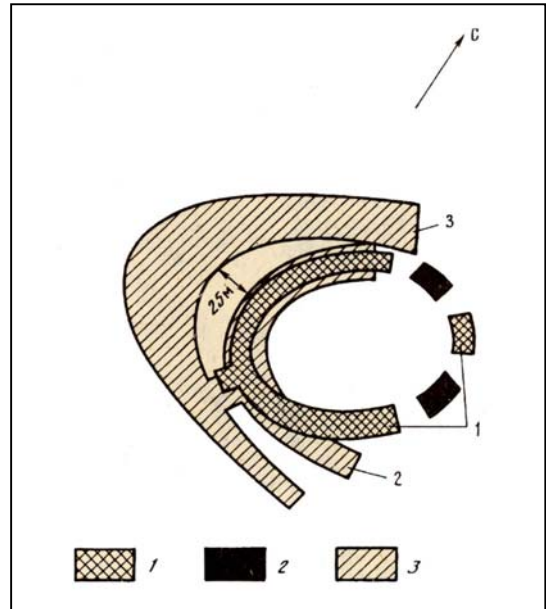


Рис. 5. Термоаномалии Северного поля в кратере в. Старый Кихпиныч по данным ИК-съемки: 1 - в 1982 г.; 2 - предполагаемые контуры аномалии в 1982; 3 - в 1989 г. Цифры на рисунке: 1 - контуры термоаномалий Северного поля в 1982 г.; 2-3 - то же, в 1989г..

С марта по июль 1982 г. произошло три землетрясения, которые воспринимались на с/ст. Кроноки как 4-5 бальные (с магнитудой 5-6). Первое из них произошло на расстоянии 50 км от вулкана, два других – на расстоянии 100 км [5]. В августе этого года все Северное поле было полностью погребено под обвалом, в том числе 5 целевидных каньонов до 10 м глубиной (рис. 3 а). Под обвалом оказалась примерно четвертая часть кратера (~ 200x300 м). В результате образовался вал, перекрывший полностью часть кратера ниже места обрушения и имевший бугристую поверхность. Две мощные ревущие фумаролы с диаметром устья более 0.5 м оказались под обвалом; на их месте возникли грязевые вулканы до 2 м высотой.

Была перекрыта нижняя часть Восточного поля, где ранее находился Глиноземистый источник. Обращает на себя внимание тот факт, что в районе будущего обрушения еще в 1981 г. (за год до события) характер осадков изменился с гидроксидного (1980 г.) на сульфидный (1981 г.). В 1980-1981 гг. в составе вод, отобранных в источниках этого поля, наблюдались высокие содержания Na^+ (в источниках - до 45 мг/л, в ручьях – до 53 мг/л), Cl^- (до 48 мг/л) и F^- (до 27 мг/л). Следует отметить, что содержание ионов Na^+ и Cl^- возрастало с 1980 по 1981 год и заметно упало в 1982 году, особенно резко - ион Cl^- (до 3-8 мг/л). В 1982 г. содержание Na^+ , по сравнению с 1981 г., уменьшилось вдвое. Содержание F^- уменьшалось постепенно: 1980 г. - 21-27 мг/л, 1981 – 5-8 мг/л, 1982 г. – 0.8- 1.3 мг/л. В 1982 году, после обрушения, появились два новых термальных участка на северной стенке внутреннего склона кратера.

В 1982 г. было совершено несколько залетов над КДВЦ на высоте 2000 м для проведения тепловой ИК-съемки и она зафиксировала на месте обрушения кольцевую неоднородность, радиусом 35-40 м (рис. 5), которая подробно рассмотрена в статье авторов [7].

По 1982 г. включительно местоположение термальных участков Верхне-Гейзерного поля (ВГ) оставались без существенных изменений. В 1985 г. поступили сообщения, что столб пара в районе ручья Горячего (рис. 6), наблюдавшегося на протяжении нескольких десятков лет, исчез. Обследовать это поле удалось только в 1986 году. 17 августа 1983 г. произошло одно из сильнейших землетрясений Камчатки (класс - 15.4 и магнитуда 6.8). Расположение эпицентра этого землетрясения приведено на рис. 7 а-б.

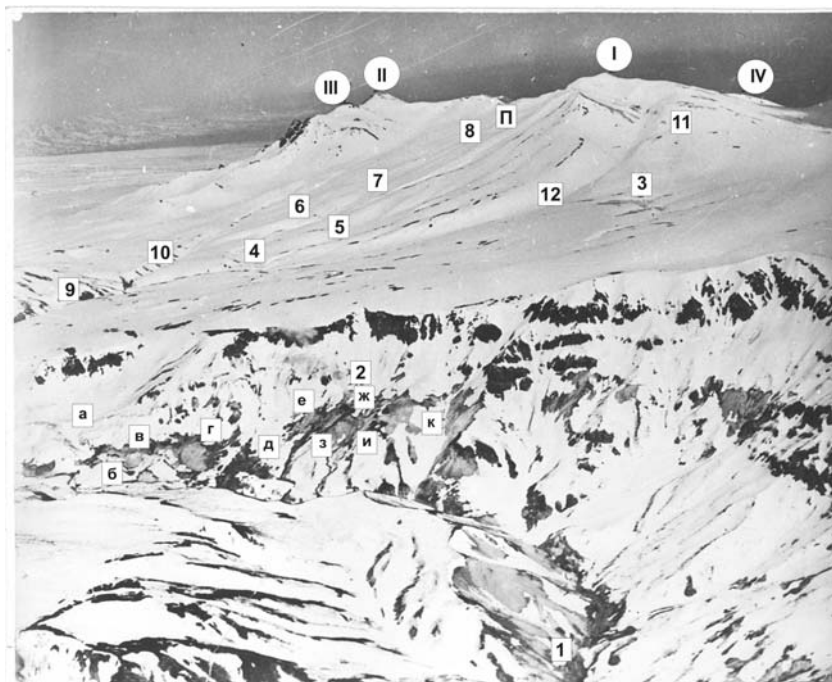


Рис. 6. КДВЦ со стороны р. Гейзерной (фото В.И.Белоусова, июнь 1967 г.). I - сопка Желтая, II - конус Савича, III - г. Пик, IV - сопка Безымьянная, П - перевал между г. Пик и г. Зуб. *Термальные поля*: 1 - Долина Гейзеров (р-н гейзеров Бурлящего); 2 - Верхне-Гейзерное, участки: а - руч. Кровавый, б - Малышка, в - Большая фумарола, г - Лагерный, д-е - Термальное болото (д - низ, е - верх), ж - исток руч. Горячего (виден столб пара), з-и - руч. Теплый (з - северный борт; и - южный), к - руч. Подъемный, 3 - Южно-Кихпиньчское (ЮКТП); 4 - Долина Смерти; 5 - Каменный Карман; 6 - Теплое; 7 - Травertiновое; 8 - Перевальное; 9 - «Колорадо», 10 - руч. Прозрачный, 11 - Вершинное, 12 - горячий источник «Новый».

Августовское землетрясение 1983 г. сильно повлияло на морфологию отдельных участков и полей КДВЦ: одни режимные источники и котлы исчезли, другие появились вновь; изменилась температура в котлах и источниках, появились новые термальные участки. После этого землетрясения существенно изменился химический состав воды на некоторых термальных полях КДВЦ в сторону увеличения доли глубинной составляющей,

содержание H_3BO_3 , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ увеличилось. (Отметим, что, по данным Н.Г. и В.М.Сугробовых [8], после тайфуна «Эльза» содержание ионов натрия и хлора в воде гейзеров понизилось).

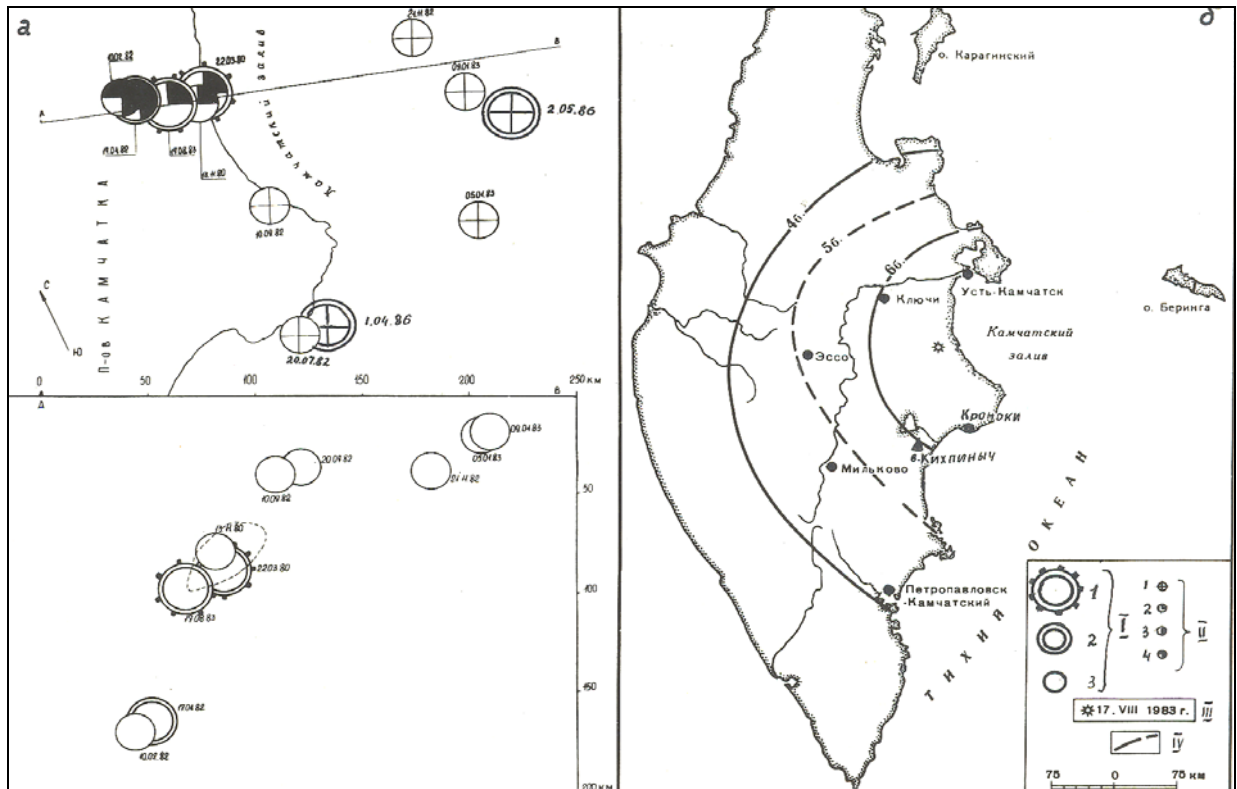


Рис. 7 а. Расположение эпицентров сильных землетрясений, произошедших с 1980 по 1983 гг. в плане и разрезе [6] с некоторыми дополнениями авторов (1986 г). б - местоположение эпицентра землетрясения 17 августа 1983 г. и балльность, фиксировавшаяся в различных населенных пунктах Камчатки. Условные обозначения. I - энергетический класс: 1 - ≥ 15 ; 2 - ≥ 14 ; 3 - ≥ 13 ; II - глубина землетрясений (км): 1-50, 2-100, 3-150, 4-200; III - эпицентр землетрясения 17 августа 1983 г.; IV - балльность.

Морфологические изменения в 1986 г. были отмечены на термальных полях в кратере в. Старый Кихпинич, на ЮКТП и на многих участках Верхне-Гейзерного поля (рис. 6). На Верхне - Гейзерном поле в 1986 г. сошли два оползня на участках «Лагерный» и «руч. Подъемный» (южный борт), еще в сентябре 1986 г. по поверхности отдельных участков этих оползней было опасно ходить. Эти оползни могли быть спровоцированы тремя землетрясениями, имевшими 13.6-13.9 класс, произошедшими 1 апреля, 2 мая и 17 июня. Эти землетрясения на с/ст. Кроноки фиксировались как 5-ти балльные [9]. Но на всех участках Верхне - Гейзерного поля были отмечены очень сильные изменения и большинство из них произошли раньше. Мы считаем, что они связаны с землетрясением 1983 года. Эти участки, где произошли изменения, приведены на рис. 8 а-б. Зона высоких температур сместилась выше по склону, образовались новые термальные площадки и исчезли старые. Холодные источники стали теплыми, а часть горячих - прекратили свое существование, температура некоторых резко понизилась. На плато, выше руч. Подъемного, образовался колодец глубиной около 3 м (см. рис.7 б).

На ВГ появились новые источники, группы источников и новые площадки. Исток ручья Горячего ранее находился в глубокой воронке диаметром 1.5-2 м, и на протяжении многих лет здесь шло мощное образование сульфурита, который ручьем выносился на сотни метров вниз склону. После сильного землетрясения 1983 г., (в исследуемом районе 6 баллов, [6]) основной исток бывшего ручья Горячего переместился на 25-30 м на ЮЗ в исток холодного источника, который раньше впадал в ручей Горячий в ~ 100 м ниже по ручью от старой воронки. В новом истоке ручья в 1986 г. температура была 25°C , сульфурит отсутствовал. Температура в старом истоке понизилась до 29°C , да и сам исток сместился по

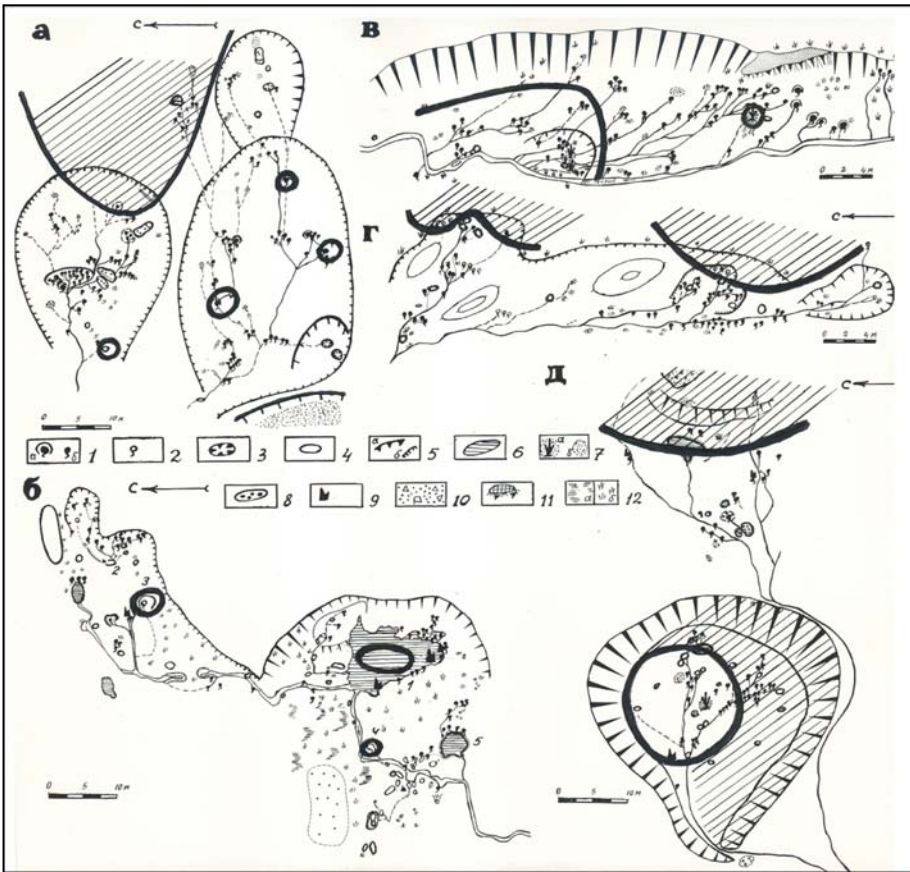


Рис. 8 а. Схематические карты расположения термальных источников на некоторых участках ВГ. *Примечание* а - Термальное болото, верхняя группа; б - там же, Нижняя группа; в - руч. Теплый, Северная группа; г - там же, Южная группа; д - фум. Большая. *Условные обозначения:* 1 - теплые источники (а - постоянные, б - временные) 2 - холодные источники; 3 - котлы; 4 - лужи и небольшие озера; 5 - обрывистые склоны (а - >1 м, б - <1 м); 6 - оплывины, появившиеся после землетрясения 1983 г. (на 1986 г.); 7 - а) фумаролы, б) слабые парогазовые выходы; 8 - «живые площадки»; 9 - одиночные глыбы; 10 - осыпь; 11 - поросший растительностью выступ склона; 12 - а) болотистое место, б) травянистая растительность.

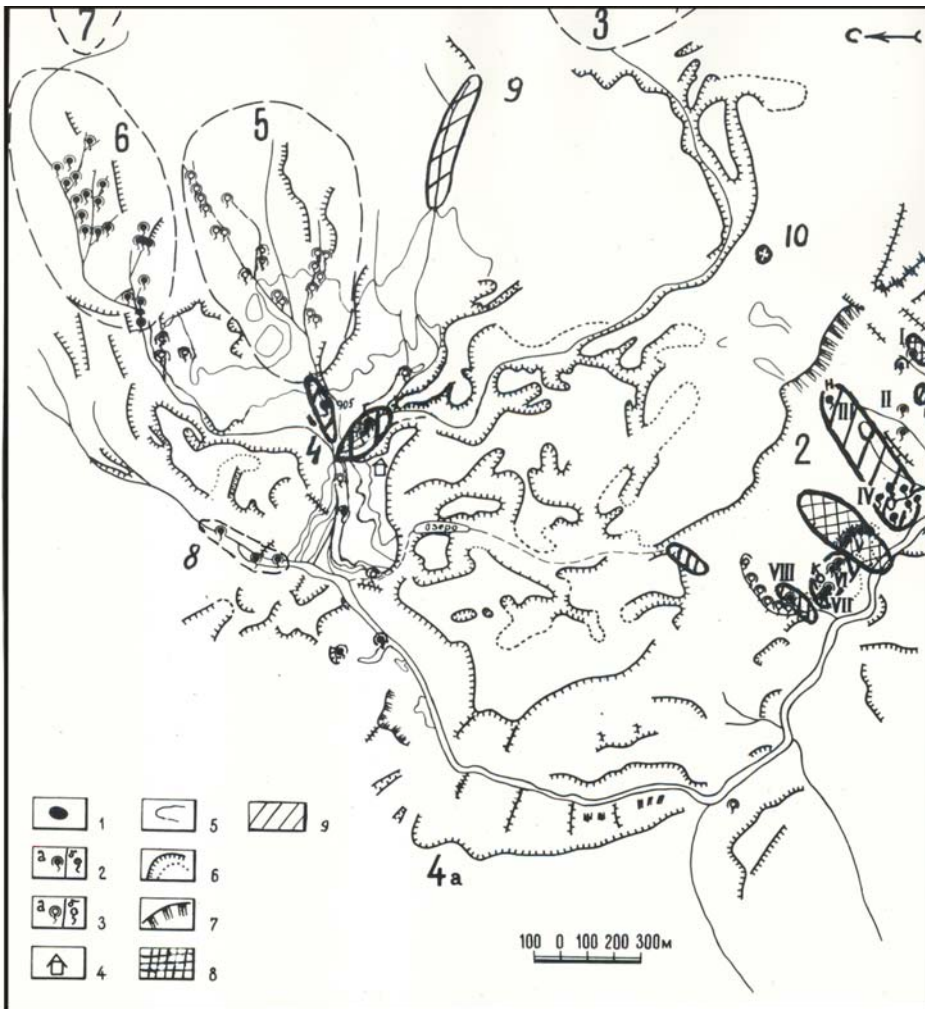


Рис. 8 б. Схематическая карта - схема верховьев р.Гейзерной. *Условные обозначения:* 1 - термальные озера; 2-3 - источники: 2 - теплые и горячие: а) постоянные, б) временные; 3 - холодные: а) постоянные, б) временные; 4 - домик в долине Смерти; 5 - изолинии, 6 - крутые склоны; 7 - отвесные склоны; 8 - оползни 1986 г.; 9 - участки, претерпевшие морфологические изменения после землетрясения 1983 г. *Примечание.* Термальные поля: 1 - Долина Гейзеров (за пределами рис.), 2 - ВГ; 3 - ЮКТП; 4 - Долина Смерти; 5 - Каменный Карман; 6 - Теплое; 7 - Травertiновое; 8 - ручей Прозрачный, 9 - западный склон сопки Желтой. 10 - колодец глубиной ~ 3 м, обнаруженный в 1986 г. *Участки Верхне-Гейзерного поля:* I - руч. Подъемный, II - руч. Теплый; III - руч. Горячий; IV - Термальное болото; V - Лагерный; VI - Большая фумарола; VII - Малышка; VIII - руч. Кровавый. К - грязевой котел (~ 2 м глубиной).

высоте примерно на 3-5 м вниз по склону от кромки воронки. На устье старой воронки вода отсутствовала до глубины не менее 2.5 м; на стенках наблюдался слабый налет кристаллов самородной серы и ощущался запах сероводорода. На внутренней стороне воронки в 15-20 см от кромки воронки были истоки двух небольших источников (дебит каждого около 1 л/сек). Дебит старого ручья сократился более, чем в 10 раз, а дебит ручья из нового истока примерно достиг величины старого ручья Горячего. В составе воды доля глубинной составляющей увеличилась (NH_4 , Na, Cl, H_3BO_3).

Изменения в 1986 г. были и на ЮКТП. На этом поле, на верхней площадке белых котлов, полностью отсутствовали термальные участки. Это нашло свое подтверждение и в августе 1997 г., когда вся эта площадка была под многометровым снегом (не менее 3 м). Ранее, с 1976 по 1982 гг., этот участок всегда был без снега, а многолетние снежники лежали почти постоянно восточнее этого поля. В 1997 г., примерно в 100 м восточнее этого поля, было обнаружено открытое белое каолиновое поле не менее 100 м², очень похожее на некоторые участки ЮКТП. В 1982 г. и в более ранние года этого поля не было. Температура поверхности была менее 16 °С.



Рис. 9. Ручей Кислый в ~ 1.5-2 км от истоков р. Мутной. Квадратом отмечен светлый оранжево-желтый щебенистый материал, вынесенный за пределы кратера в Старый Кихпиныч (в результате оползней, произошедших на южном внутреннем склоне кратера после землетрясения 1983 г.). Прямоугольником показаны почти белые каолиновые глины, образовавшиеся в 1997 г. в результате прорыва плотины у подножия вулкана Старый Кихпиныч. На фото граница этих отложений фиксируется светлой полосой. Эти глины заняли все междуречье (зона слияния руч. Кислого с р. Светлой) на расстоянии более 1 км вверх по течению обоих водотоков.

В верховьях ручья Кислого (по руслу, в пределах постройки вулкана Старый Кихпиныч) по 1982 год включительно наблюдалась блочно-клавишная структура с многочисленными 3-5 метровыми водопадами. В 1986-1987 гг. глубокие каньоны с водопадами отсутствовали (по наблюдениям с вертолета во время залетов на Верхне-Гейзерное поле и в кальдере Узон). Они были перекрыты материалом оползней и селей, что подтвердилось при более поздних наземных исследованиях. (В 1990-1991 гг., по устному сообщению В.Л.Леонова и Е.Н.Гриб, глубокие каньоны в пределах постройки в. Старый Кихпиныч отсутствовали). Одним из авторов в 1997 г. наблюдался мощный краевой селевый вал на расстоянии первых км от постройки вулкана Старый Кихпиныч. Оползень, сошедший в районе Восточного термального поля, полностью уничтожил это поле. Только в истоках

ручья Карбонатного (см. рис. 3а) наблюдался очень слабый источник. Оползни сошли с внутренней стороны южного склона кратера в. Старый Кихпиныч. В 1997 г. на Северном поле западнее обрушения 1982 г. находилось новое обрушение стенки кратера, материал был теплый (так как перекрыл термальные площадки, которых на этом поле ранее было много). На месте грязевых вулканчиков (высотой до 2 м), наблюдавшихся в 1982 г. на поле, были лужи со слабым стоком и белесоватой водой. Кроме того на поле наблюдались небольшие грифоны.



Рис. 10. Вид с перевала на северный склон кратера в. Старый Кихпиныч и ручей Кислый. Фото: сверху - 1997 г., внизу - 1975 г. (В.Л.Леонов). На фото 1975 г. четко видно, что русло ручья Кислого находится в более глубоком каньоне, чем на верхнем снимке. На верхнем снимке склоны более сглаженные.

Наблюдения 1997 г. подтвердили результаты дешифрирования ИК-снимков сезона 1989 года о наличии аномальной зоны [7]. Дешифрирование выявило ряд заметных изменений: температура светлых пятен увеличилась вдвое от 20°C (1982 г.) до 40°C (1989 г.); появились новые прогретые участки, расположенные по дуге окружности, а также новое термальное поле. Появление второй дуги (см. рис. 4) фиксирует новое обрушение, расположенное западнее и обнаруженное нами в 1997 г. В верхней части северной стенки, в цирке, на восточном склоне, в 1997 г. был отмечен небольшой источник, русло которого покрыто железистым осадком. Этот источник также был отмечен по материалам дешифровки ИК-снимков 1989 г. [7].

В 1997 г. почти во всех исследованных источниках было отмечено заметное увеличение в воде содержания таких компонентов, как Cl^- , NH_4^+ , Na^+ и H_3BO_3 , по сравнению с замерами 1982 г., что могло свидетельствовать о повышении сейсмической активности и, возможно, быть предвестниками сильного землетрясения 06.12.1997 года (см. рис. 2, № п/п 14).

Список литературы

1. Белоусов В.И. Геология гидротермальных полей в областях современного вулканизма. М.: Наука, 1978. 137 с.
2. Брайцева О.А., Флоренский И.В., Волынец О.Н. Вулкан Кихпиньч // Действующие вулканы Камчатки. М.: Наука, 1991. Т. 2. С. 74-91.
3. Брайцева О.А., Флоренский И.В., Понаморева В.В. и др. История активности вулкана Кихпиньч в голоцене // Вулканология и сейсмология. 1985. № 6. С. 3-19.
4. Зобин В.М., Гордеев Е.И., Синельникова Л.Г. Землетрясения Камчатки и Командорских островов // Землетрясения в СССР в 1980 году. М.: Наука, 1983. С. 94-101, 230-249.
5. Зобин В.М., Гордеев Е.И., Синельникова Л.Г. и др. Землетрясения Камчатки и Командорских островов // Землетрясения в СССР в 1982 году. М.: Наука, 1985, С. 83-94, 223-243.
6. Зобин В.М., Гордеев Е.И., Козырева Н.П. и др. Камчатское землетрясение 17 августа 1983 года // Землетрясения в СССР в 1983 году. М.: Наука, 1986. С. 102-116.
7. Карданова О.Ф., Дубровская И.К. Состояние кратера вулкана Старый Кихпиньч с 1980 по 1989 гг. // Вулканология и сейсмология. 1994. № 1. С. 19-33.
8. Сугрובה Н.Г., Сугробов В.М. Изменения режима термопроявлений Долины Гейзеров под влиянием циклона «Эльза» // Вопросы географии Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1985. Вып. 9. С. 88-94.
9. Федотов С.А., Зобин В.М., Гордеев Е.И. и др. Землетрясения Камчатки и Командорских островов // Землетрясения в СССР в 1986 году. М.: Наука, 1989. С. 156-169, 306-323.
10. [http:// data.emsd.iks.ru](http://data.emsd.iks.ru)