

Северная часть города включает сопки Зеркальную, Мишенную и участок дороги на Сероглазку. Наибольшую опасность представляют склоны сопки Мишенной, в частности лавиносборы 90—91. В феврале 1969 г. в результате обильного снегопада и метели за трое суток выпало 1,5 месячных нормы осадков, наблюдался сход катастрофической лавины объемом 35 тыс. м<sup>3</sup> (Евтодьев, 1971).

В морфологии преобладают задернованные склоны крутизной 20—30°, местами до 35°, лесная растительность практически отсутствует, травостой низкий.

На сопке Зеркальной выявлено три лавинных очага, которые опасны лишь в особо многоснежные зимы.

Таким образом, выполненное обследование территории г. Петропавловска-Камчатского позволяет сделать следующие выводы:

1. По геоморфологическим, геоботаническим признакам, климатическим условиям и степени заснеженности территория г. Петропавловска-Камчатского относится к лавиноопасным. По степени активности тяготеет к районам со слабой лавинной деятельностью. Но сход, даже и эпизодических лавин в черте такого крупного промышленного города как Петропавловск-Камчатский, требует научно обоснованного учета лавинной опасности.

2. Активизация лавинной деятельности происходит в особо многоснежные зимы или при выпадении значительного количества осадков (более месячной нормы) за короткий промежуток времени и при температурах воздуха не выше  $-5^{\circ}\text{C}$ .

3. Защита города от снежных лавин может решаться комплексно: тщательное изучение условий лавинообразования для дальнейшей разработки прогноза лавинной опасности должно сочетаться с широкой разработкой инженерных мер защиты.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Евтодьев Ю. А. Снежный покров и снежные лавины в горах Камчатки. Труды ДВНИГМИ, вып. 35, 1971, с. 137—143.  
Кондратьев В. И. Климат Камчатки. М., Гидрометеониздат, 1974, 202 с.  
Лавиноопасные районы Советского Союза. Под ред. Г. К. Тушинского, Изд-во МГУ, 1970, с. 137—146.

Н. Г. СУГРОВА, В. М. СУГРОВ

#### ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМА ТЕРМОПРОЯВЛЕНИЙ ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЦИКЛОНА «ЭЛЬЗА»

Планомерные исследования деятельности гейзеров и источников Долины гейзеров (1972—82 гг.) позволили выявить некоторые закономерности их режима и связи с гидрометеорологическими условиями. Флуктуации основных параметров режима гейзеров и источников (цикл работы и химический состав воды) являлись короткопериодными быстровосстанавливаемыми изменениями поверхностного происхождения. В целом, как показали наблюдения, режим гейзеров оставался постоянным и практически не изменялся в многолетнем периоде с 1941 по 1981 гг. (Набоко, 1954; Устинова, 1955; Виноградов, 1964; Сугрובה, 1982а, Сугрובה, 1982б). Наибольшие возмущения в работе источни-

ков по силе и длительности проявления оказывали циклоны. Результаты действия циклона «Эльза» в Долине гейзеров приводятся в этой статье.

Циклон прошел над Камчаткой 4—6 октября 1981 г. По данным ГМС Петропавловска и Семьячика в те дни сила ветра достигала 40 м/с, а сумма осадков 92 мм. В Долине гейзеров тайфун нанес значительные разрушения. Склоны долины были осложнены оползнями и срывами поверхностного слоя. Все предшествующие циклону дни, в основном, первая половина сентября, характеризовались также обильным выпавшим осадков (около 200 мм за сентябрь в долине). Такая насыщенность уже создавала предпосылки для переувлажнения глинистых измененных пород, слагающих склоны долины. Созданные условия переувлажненности поверхностных отложений способствовали еще большему развитию срывов и оползней больших масс пород на склонах долины во время циклона. Один такой оползень произошел на левом склоне р. Гейзерной, в 300 м от источника Малахитовый грот, на высоте 80 м от реки. Он был приурочен к месту развития измененных пород и парящих участков. Глубина отрыва тела оползня достигала 6 м, ширина 4,5 м.

Изменился профиль русла реки и берегов на некоторых участках. Большое количество выпавших осадков способствовало подъему уровня в реке на 2,5 м и выше. Непосредственные гидрологические наблюдения не проводились и высота уровня оценивалась по высоте срезанных нижних частей бортов долины (рис. 1). Вода обладала большой

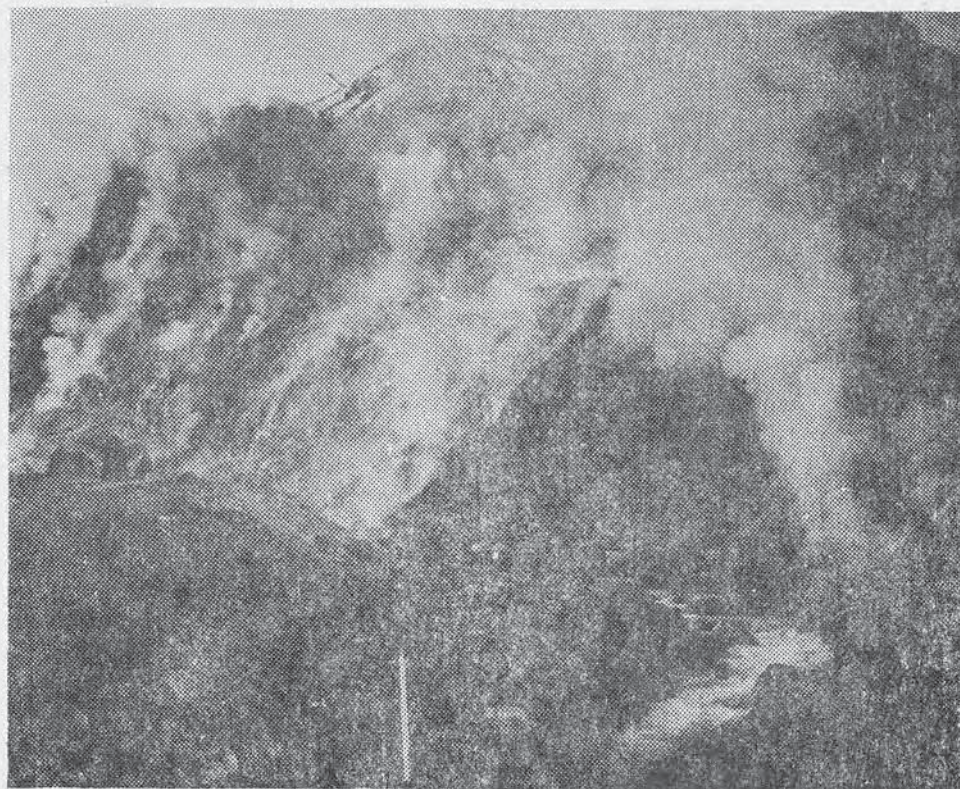


Рис. 1. Река Гейзерная. Стрелкой показана высота подъема уровня реки во время действия циклона «Эльза». Фото В. М. Сугробова.

ударной силой. Максимальной она была в местах резких поворотов реки. На участке Гейзерной от устья ручья Желтых скал до Малахитового грота влияние циклона оказалось наибольшим. Причинами этого

были увеличенный расход за счет мощного притока воды ручья Желтых скал и большие уклоны русла в этом месте: 0,12 у ручья и 0,10 у реки (рис. 2). Река несла глыбы пород размером более 1 м в поперечнике. Она размывала берега, образуя крутые обрывистые склоны с одной стороны и отмели — с другой. Таким обрывистым стал склон у гейзера Парящий. Были срезаны уступы в самом русле реки, создававшие небольшие водопады близ площадки гейзера Великан. Поверхность русла была с nivelирована водой. Русло расширилось, скорость течения уменьшилась, произошел врез на 3,5 м (рис. 2). Водой снесло мост через реку. Гейзеритовая площадка Великана была залита водой и запесена отложениями поверхностных водотоков со склонов. Обломки пород, куски дерна, спесенный сверху ствол дерева, следы грязевых потоков — таким представился гейзеритовый плац Великана после циклона. Речными водами была размыта ванна, образованная в устьевой части ручья гейзера Великан.

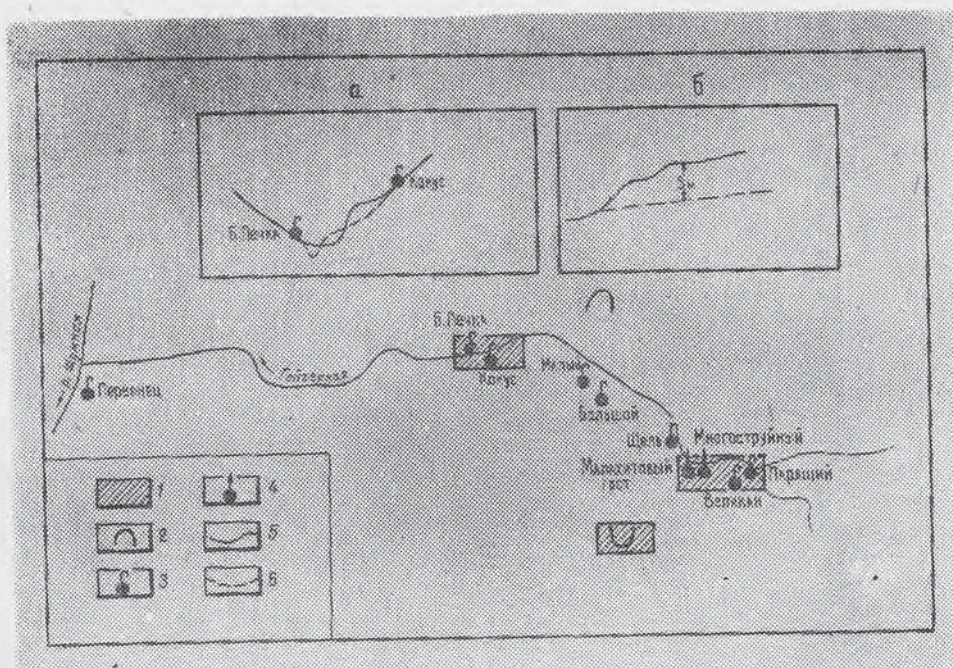


Рис. 2. Схема долины р. Гейзерной с указанием участков, наиболее изменившихся при прохождении циклона «Эльза». А. Поперечный профиль долины на участке гейзера Конус. Б. Продольный профиль русла реки у гейзера Парящий.

1 — участки, наиболее изменившиеся в момент циклона (оползни, врез реки и т. п.); 2 — оползни; 3 — гейзер; 4 — пульсирующий источник; 5 — линия профиля до циклона; 6 — линия профиля после циклона.

Ниже по течению валунино-галечниковым материалом была забита воронка источника Многоструйного и он прекратил свою деятельность. Была разрушена нижняя часть постройки пульсирующего источника Малахитовый грот, а на участке гейзеров Большой и Малого срезаны нижние прирусловые части гейзеритовых патеков.

В первые дни после циклона, по словам наблюдателя В. Н. Нечаева, все источники заметно увеличили свой расход. Это относилось и к термальным водопроявлениям, но в еще большей степени к источникам холодных грунтовых вод. Разгрузка последних хорошо фиксировалась на правом склоне долины выше гейзера Большая Печка. Ручей, образованный концентрированными выходами холодной грунтовой воды, увеличился в наблюдаемые дни в несколько раз.

На участке близ гейзеров Конус и Большая Печка значительно изменилось русло. Оно сузилось. Нижняя часть склона у гейзера Конус была обрывистой. В настоящее время берег здесь расширился на несколько метров, образуя пологий склон с крупногалечниковой отмелью. В момент высокого уровня и больших скоростей воды основной фронт воды пришелся на правый берег, на левом — вследствие отложения аллювия произошло увеличение и выполаживание склона (рис. 2). На правом берегу низкое гипсометрическое положение гейзера Большая Печка обусловило возможность заноса гравийно-галечниковым материалом выходного отверстия канала. Однако отмечалось едва заметное парение у воронок. При повторном обследовании долины летом 1982, а также весной 1983 гг. наблюдения показали, что деятельность гейзера не возобновилась.

В нижнем течении реки Гейзерной весь участок тропы ниже Триумфальных ворот (даек базальта по обе стороны реки) был залит водой. Ручей оврага Желтого значительно углубил свое русло. Поверхность туристской тропы, ведущей к гейзеру Первенец, была покрыта песком, обломками пород, нанесенных речной водой. Видимых разрушений здесь не было. Уклоны русла в этой части не превышали 0,01.

К сожалению, режимные наблюдения на источниках были закончены на период описываемых событий и возобновлены через несколько дней. Однако длительность воздействия циклона на деятельность поверхностных термопроявлений, даже при отсутствии непрерывности замеров, позволила проследить направленность хода режима до и после циклона «Эльза».

Как и следовало ожидать, значительные изменения произошли в режиме гейзера Первенец. Для этого гейзера вообще характерны большие вариации величин периодичности работы. После циклона «Эльза» изменчивость его режима выразилась в увеличении цикла деятельности. При средней продолжительности цикла в сентябре, равной 30 минутам, 10 октября она увеличилась до 1 часа 5 минут. Для других гейзеров наблюдалась тенденция в сторону уменьшения интервала между стадиями фонтанирования (рис. 3). Для гейзера Конус средняя продолжительность в августе была равна 24 минутам, в сентябре, вследствие выпадения осадков, она уменьшилась до 23 минут, в октябре — до 19 минут. Гейзер Щель уменьшил свою среднесуточную величину цикла после циклона почти на 2 минуты. В работе гейзера Большой в августе преобладали циклы в 2 часа 20 минут, в сентябре — 1 час 30 минут, а в октябре доминировали циклы продолжительностью в 1 час.

У Великана в сентябре при средней величине интервала в 5—5 часов 30 минут отмечался разброс точек от 4 часов до 18 часов. Цикл в 18 часов был зафиксирован в момент сильных осадков и высокого уровня реки, затем в последующие дни он изменился до 5—6 часов, а во время действия циклона (по словам наблюдателя В. Н. Нечаева), с 2 по 5 октября гейзер, будучи залитым холодными водами ручьев со склонов, — не работал. И в первые дни после циклона гейзер Великан стал фонтанировать через 3,5—4,5 часа. Полученные данные по динамике режима гейзеров подтверждаются и химическими анализами вод за это время. Пробы воды гейзеров на химический анализ были взяты за две недели до циклона и через неделю после его действия (см. табл. 1). В пробе воды обычно определялось содержание хлора, натрия, калия и общая минерализация. Концентрации названных компонентов и минерализация показывают некоторое разбавление вод в октябре по сравнению с сентябрьскими пробами, видимо, за счет поверхностных и грунтовых менее минерализованных вод.

На примере гейзера Первенец мы рассчитали количество холодной

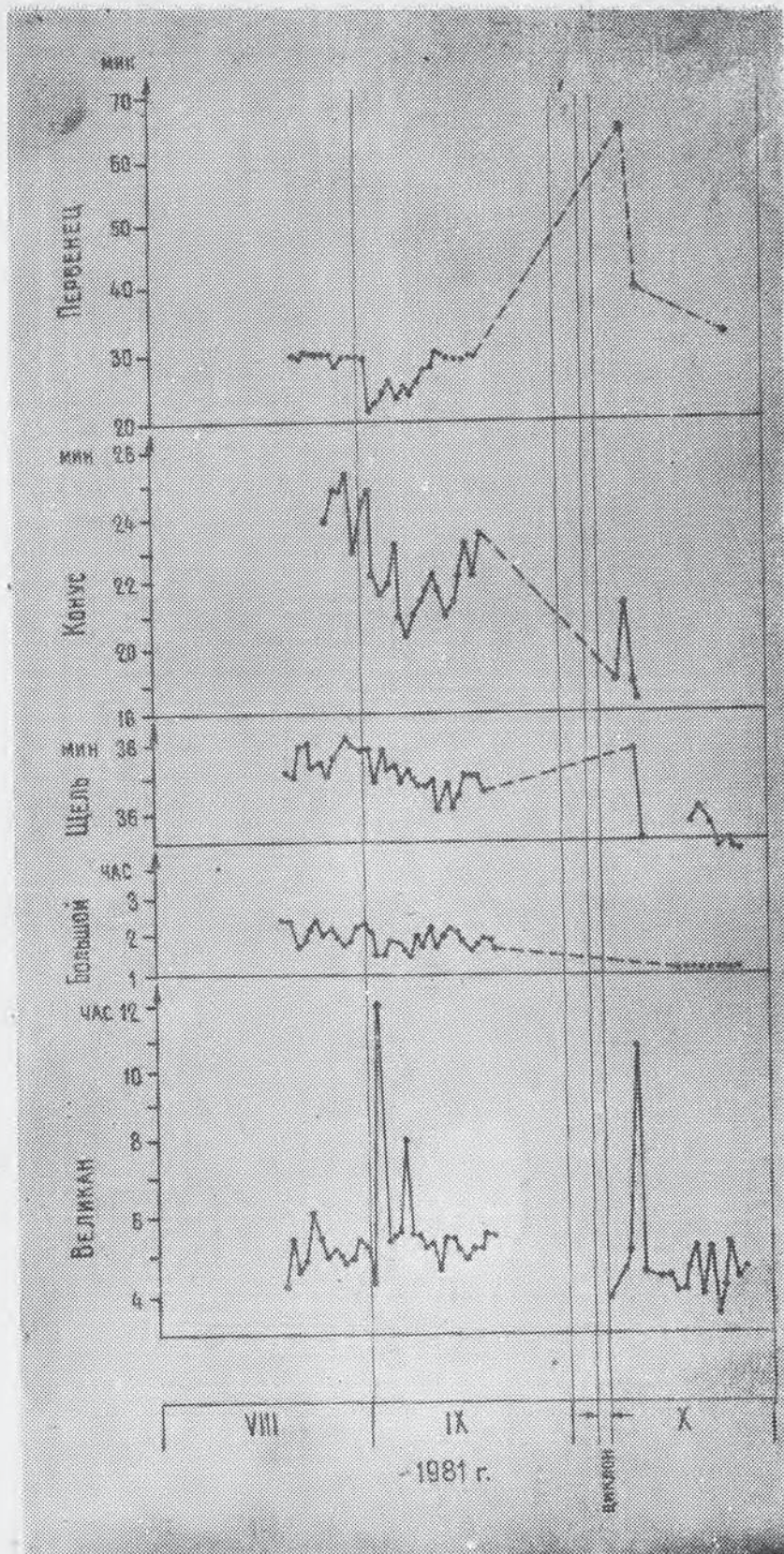


Рис. 3. Режим гейзеров в августе — октябре 1981 г. Вертикальная шкала — продолжительность цикла гейзеров.

воды, способной изменить концентрацию хлора с 415 мг/л (проба 22.09.81) до 280 мг/л (проба 13.10.81).

Принималась концентрация хлора в холодной воде равной 5 мг/л (по данным химического анализа воды холодных источников и водотоков).

- $C_g$  — концентрация хлора в горячей воде — 415 мг/л  
 $C_x$  — концентрация хлора в холодной воде — 5 мг/л  
 $C_{см}$  — концентрация хлора в смешанной воде — 280 мг/л  
 $X$  — количество холодной воды

$$X = \frac{C_{см} - C_g (1 - x) + C_x \cdot X}{415 - 280} = 30\%$$

Для Великана:

$C_g$  — 816 мг/л

$C_x$  — 5 мг/л

$C_{см}$  — 769 мг/л

$$X = \frac{816 - 769}{816 - 5} = 5\%$$

Следовательно, доля разбавляющей холодной воды составляет 30% для Первенца и 5% для гейзера Великан.

Естественно предположить, что в природе могут иметь место и другие соотношения между горячей и холодной составляющими воды гейзеров. Скорее всего температура холодной воды должна быть выше за счет прогревотности грунта, а доля этой воды, соответственно, больше. Ранее предполагалось, что изменение режима под действием грунтовых вод происходило за счет гидродинамического подпора близ канала гейзера без смешения с холодными водами, т. к. никаких заметных изменений в химическом составе воды при этом не отмечалось, или изменения были в пределах ошибок анализа (Сугрובה, 1982б). В данном случае в пользу процесса смешения свидетельствуют направленные изменения для всех гейзеров, выражающиеся в уменьшении количества основных компонентов химического состава. С учетом средних квадратичных отклонений, рассчитанных по множеству анализов за несколько лет, содержания основных компонентов в октябре не выходят за пределы обычных вариаций. Исключение составляет гейзер Первенец. Величина хлора его в пробе воды за 13.10.81 г. составляла 280 мг/л, т. е. меньше нижнего значения за многолетний период.

Наблюдения в летние месяцы следующего года показали, что режим большинства гейзеров восстановился. Сохранил удлиненный цикл один лишь гейзер Первенец. Не возобновили своей деятельности гейзер Большая Печка и источник Многоструйный.

Данные по химизму вод 1982 г. (Табл. 1) показывают обычные концентрации компонентов в воде гейзеров, т. е. свидетельствуют о восстановлении прежнего режима. Общая величина разгрузки гидротерм в долине р. Гейзерной, рассчитанная гидрохимическим методом (по выносу хлора) весной 1982 г., сохранила прежнюю величину.

Итак, действие циклона «Эльза» проявилось в изменении режима большинства гейзеров на протяжении, по крайней мере, двух первых недель (сведений о последующем времени, до лета 1982 г. — нет). Влияние циклона было наибольшим в момент его прохождения над Камчаткой. Оно выражалось в уменьшении периодичности работы большинства гейзеров, а у гейзера Первенец — в увеличении цикла. Изменение периодичности сопровождалось и изменением химизма вод с уменьшением минерализации. Прекратили существование источник Многоструйный и гейзер Большая Печка. Изменились врезы русел ручьев и профиль русла реки на отдельных участках. Склоны долины осложнились рядом оползней и срывами почвенного слоя. Хотя в целом режим большинства гейзеров быстро восстановил свой прежний

ритм, а величина разгрузки термальных вод осталась постоянной, можно полагать, что именно циклонические воздействия, повторяемые неоднократно в ходе длительного периода, существенно изменяют природную обстановку Долины гейзеров.

Таблица 1

Характерные компоненты химического состава воды гейзеров

Название гейзеров	Дата взятия пробы	Cl <sup>-</sup> , мг/л	Na <sup>+</sup> , мг/л	K <sup>+</sup> , мг/л	Минерализация, г/л	Примечание
Великан	21.09.81	816	564	54	2.22	Аналитики: В. К. Марынова, С. В. Сергеева
	13.10.81	769	509	51	2.00	
	среднее многолетнее	846	574	53		
	среднее квадратичное отклонение	28	33	5		
Большой	лето, 1982	833	567	53	2.11	»
	21.09.81	791	548	41	2.16	
	26.10.81	709	492	39	1.87	
	среднее многолетнее	748	524	39		
Конус	среднее квадратичное отклонение	40	26	5		»
	лето, 1982	743	507	38	1.97	
	21.09.81	610	431	40	1.72	
	12.10.81	461	340	28	1.40	
Первенец	лето, 1982	582	411	33	1.66	»
	22.09.81	415	311	29	1.3	
	13.10.81	280	215	22	1.0	
	среднее многолетнее	400	300	26		
	среднее квадратичное отклонение	27	28	3		
	лето, 1982	439	323	25	1.38	

Авторы благодарят В. Н. Нечаева за помощь в полевых исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

- Виноградов В. Н.** О режиме камчатских гейзеров. В сб.: Вопросы географии Камчатки, вып. 2, Петропавловск-Камчатский, 1964, с. 70—81.  
**Набоко С. И.** Гейзеры Камчатки. Тр. лаб. вулканол. Вып. 8, изд. АН СССР, М., 1954, с. 126—209.  
**Сугрובה Н. Г.** Режим гейзера Великан. В сб.: Вопросы географии Камчатки, вып. 8, Петропавловск-Камчатский, 1982а, с. 66—68.  
**Сугрובה Н. Г.** Некоторые закономерности режима гейзеров на Камчатке. Вулканология и сейсмология, № 5, изд. Наука, М., 1982б, с. 35—48.  
**Устинова Т. И.** Камчатские гейзеры. Госиздат географ. лит-ры, М., 1955.