

УДК 556.55:551.435.627(571.66)

И.Б. Воробьевский<sup>1</sup>, В.А. Дроздин<sup>2</sup>, Н.Л. Фролова<sup>3</sup>, В.П. Чижова<sup>4</sup>

## ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И РЕКРЕАЦИОННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО СЕЛЯ В ДОЛИНЕ ГЕЙЗЕРОВ (КАМЧАТКА)<sup>5</sup>

Рассмотрены гидроэкологические последствия природных катастрофических событий (обвальное-оползневое перемещение 20 млн м<sup>3</sup> горных пород, формирование селевого потока, образование плотины в нижнем течении р. Гейзерной и подпрудного озера), произошедших в Долине гейзеров на Камчатке 3 июня 2007 г. Приведены возможные причины схода оползня и селя. Охарактеризован гидрологический режим р. Гейзерной, образовавшегося подпрудного озера и возможные пути его развития.

На основе данных собственных экспедиционных исследований приведена оценка возможности дальнейшего развития экологического туризма в Долине гейзеров после катастрофы.

*Ключевые слова:* Долина гейзеров, оползень, подпрудное озеро, опасные природные процессы.

**Введение.** Район Долины гейзеров — один из самых потенциально опасных районов на Камчатке из-за интенсивного развития обвальное-оползневых процессов и частых селей. В Долину гейзеров 3 июня 2007 г. в 14:20 по местному времени сошел мощный «оползень», по сути представлявший собой сложное комплексное явление, которое сочетало обвальное-осыпные, оползневые, лавинные и солифлюкционные процессы. Сместившаяся в днище долины мощная масса рыхлого материала спровоцировала образование в ней катастрофического селя. Возникшая в результате этого плотина перекрыла русло реки, что привело к формированию подпрудного озера. Геолого-геоморфологические и гидрогеологические последствия этой природной катастрофы описаны в работах [2, 5]. В статье рассматриваются особенности гидрологического режима и водного баланса озера, оцениваются перспективы его дальнейшего развития, а также приводятся данные о некоторых экологических последствиях схода «оползня».

**Постановка проблемы.** Геотермальный район Долина гейзеров — уникальный природный комплекс, составная часть Кроноцкого государственного природного заповедника, который с 1996 г. входит в состав объекта всемирного природного наследия «Вулканы Камчатки». Включение этого объекта в Список всемирного наследия ЮНЕСКО связано с тем, что в нем в настоящее время наглядно проявляются основные этапы эволюции Земли, включая

непрерывные геологические процессы преобразования земной поверхности. У слияния рек Гейзерной и Шумной на территории около 2 км<sup>2</sup> находится около 20 крупных гейзеров и множество источников, периодически выбрасывающих фонтаны почти кипящей воды (более 95°C) или горячего пара.

Сход «оползня» по долине руч. Водопадного 3 июня 2007 г. из-за гигантского масштаба и скорости назвали природной катастрофой. Действительно, вследствие катастрофических обвальное-оползневых процессов произошли существенные изменения геолого-гидрогеологических и геоморфологических условий территории, возникли новые водные объекты, существенно изменились условия экскурсионной деятельности в регионе. В результате подъема уровня воды в возникшем озере (рис. 1) исчезли некоторые гейзеры, грязекаменный поток уничтожил часть построек и сооружений научного стационара заповедника. Предварительные исследования показали, что возврат этой природной геотермальной системы в исходное состояние невозможен. Однако это не первое за обозримое время событие столь значительного масштаба. Так, мощный сель, связанный с тайфуном «Эльза», наблюдался здесь в октябре 1981 г. Тогда также пострадало несколько гейзеров. Следы многочисленных крупных обвалов хорошо видны на аэрофотоснимках 1950—1990 гг. на обоих бортах Долины гейзеров. Отметим, что произошедшая в 2007 г. катастрофа дала уникальный шанс наблюдать, как на смену «революцион-

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, студент, *e-mail:* hydrovorobey@mail.ru

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, вед. науч. с., канд. техн. н., *e-mail:* dva@kscnet.ru

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, доц., канд. геогр. н., *e-mail:* frolova\_nl@mail.ru

<sup>4</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, ст. науч. с., канд. геогр. н., *e-mail:* chizhova@ru.ru

<sup>5</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 09-05-00339; 09-05-92001-ННС) и Программы поддержки ведущих научных школ (НШ-4964.2008.5), ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (государственный контракт № 02.740.11.0336 и проект № П164).

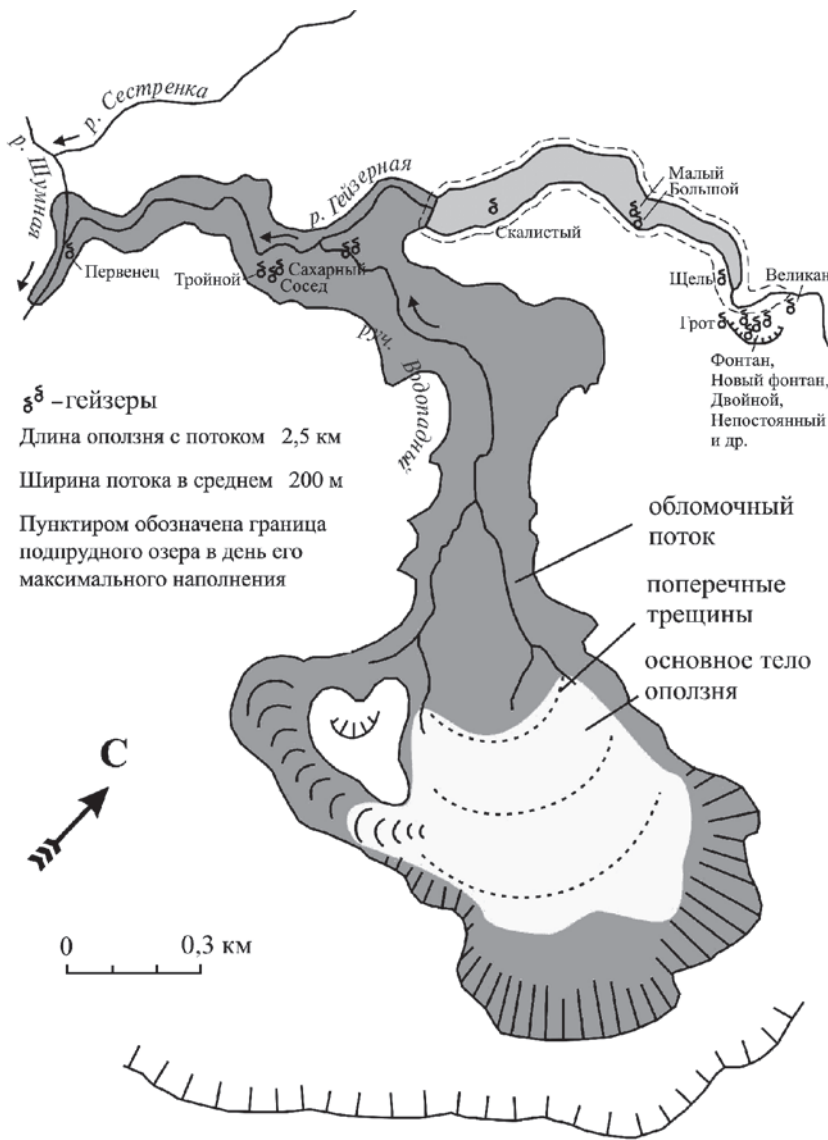


Рис. 1. Схема грязекаменного потока и подпрудного озера в Долине гейзеров после «оползня» 3 июня 2007 г. В основе — схема, разработанная В.Л. Леоновым (Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН)

ным» пришли эволюционные геологические и гидрологические процессы на молодом участке земной коры, а также особенности изменения природных сообществ на суше и в водной среде, происходящего в настоящее время.

**Материалы и методы исследования.** В основу положена статистическая и аналитическая информация из фондов Кроноцкого заповедника; литературные, фото- и картографические материалы, данные наблюдений, предоставленные сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН, статистические данные из соответствующей серии Государственного водного кадастра и «Ресурсов поверхностных вод», а также результаты комплексного исследования, проведенного студентами и сотрудниками географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и Кроноцкого заповедника под руководством одного из авторов статьи.

Статистическая обработка проводилась с помощью стандартных пакетов Statistica и Excel. С помощью пакета ArcViewGis 3.2 обработаны все площадные и линейные измерения морфометрических характеристик бассейна реки и подпрудного озера.

**Гидрологические и рекреационные особенности бассейна р. Гейзерной.**

Река Гейзерная — основной водоток Долины гейзеров, это и левый приток р. Шумной, в которую впадает на 24-м километре от ее устья. Общая длина р. Гейзерной около 11 км. Притоки самой реки (их 13) имеют суммарную длину около 30 км [6]. Река берет начало на склонах влк Кихпинич при слиянии ручьев Прозрачный и Безмянный на отметке примерно 885 м. У подножия влк Кихпинич ручьи соединяются и образуют каньон глубиной 200 м и примерно такой же ширины. Направление долины здесь юго-западное. Сливаясь с притоком, идущим от северного склона влк Узон, р. Гейзерная поворачивает на юго-юго-восток, долина ее расширяется до 1 км. Здесь левый склон долины уже изобилует активными нагретыми площадками и горячими источниками. Эта Верхнегейзерная группа источников изолирована от Гейзерных источников, лежащих ниже, и от Кихпиничевских, расположенных выше. Ниже река опять круто поворачивает к юго-западу, образуя каскад из трех водопадов общей высотой 40 м. После водопадов долина резко расширяется, ее ширина 3,5 км. В нижней ее части, на отрезке с протяженностью около 2,5 км, находятся многочисленные источники Гейзерной группы, в том числе все гейзеры.

Гидрологический режим реки характеризуется хорошо выраженным весенне-летним половодьем, многоводной летней и зимней меженью. Питание реки смешанное. Талая вода начинает поступать в реку в конце апреля — начале мая, а максимальный расход воды отмечается обычно в третьей декаде июня. В период половодья проходит 50—65% годового объема стока. Подъем уровня воды может превышать 1,5 м, а иногда, при прохождении циклонов, достигает 2,5 м. В летне-осенний период уровень воды падает, иногда спад прерывается дождевыми паводками, величина стока за зимний период — 15—30% годового объема. Среднегодовой модуль стока составляет приблизительно 30—35 л/с км<sup>2</sup>. Морфометрические характеристики бассейна р. Гейзерной приведены в таблице.

Для оценки внутригодового распределения стока воды и наносов р. Гейзерной использованы спра-

**Морфометрические характеристики р. Гейзерной и ее бассейна**

Характеристика	Значение
Длина реки, км	11,2
Суммарная длина притоков, км	около 30
Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	57,8
Средняя высота бассейна, м	730
Средняя ширина бассейна, км	5,74
Длина бассейна, км	10,1
Коэффициент асимметрии бассейна	0,28
Средний уклон реки (исток—устье), ‰	46,5
Коэффициент извилистости реки	1,79
Коэффициент асимметрии речной сети	0,76

вочные материалы из Государственного водного кадастра и гидрологические ежегодники [6]. Расчет гидрологических характеристик проводился по методикам, изложенным в соответствующих нормативных документах [7]. Из-за отсутствия пунктов наблюдений на р. Гейзерной использованы данные за 1971—1988 гг. по пункту—аналогу на р. Татьяне (пос. Кроноки), площадь водосбора которой составляет 44 км<sup>2</sup>, а средняя высота — 530 м. Выбор аналога обусловлен следующими критериями: близкое расположение двух водосборов, сходство физико-географических условий формирования стока, примерно одинаковые площадь и средняя высота водосборов. Измерение расходов воды р. Гейзерной в период экспедиционных исследований летом 2008 г. показало схожесть рассчитанных и измеренных значений для этого периода времени (расход воды в июле 2008 г. составил 1,6 м<sup>3</sup>/с).

Рассматривая территорию в рекреационно-туристическом аспекте, подчеркнем, что для сотрудников Кроноцкого заповедника, являющегося не только объектом из списка Всемирного наследия, но и входящего в сеть биосферных резерватов планеты, всегда приоритетным было проведение научно-исследовательской работы. Однако нахождение в границах заповедника такого привлекательного для профессионалов и любителей природы всего мира объекта, как Долина гейзеров, предопределило развитие здесь экологического туризма [3].

Основным видом экотуризма в Долине гейзеров всегда были и остаются на ближайшую перспективу кратковременные экскурсии, которые организуются на вертолете. Пешеходные экскурсии по самой Долине гейзеров проводятся с учетом техники безопасности по специально оборудованным настильным тропам и обязательно в сопровождении гида и инспектора заповедника.

**Причины природной катастрофы.** По рассказам очевидцев, в 14:20 (время камчатское летнее) один из склонов сопки в верховьях руч. Водопадного, расположенной в 1,5 км на юг и выше домиков

стационара заповедника (на абсолютной высоте около 750 м), стал сползать, а через минуту по долине ручья понесся бурный поток грязи и камней. Такие сели случаются обычно после обильных дождей или интенсивного таяния снега, когда паводковые воды захватывают по пути большое количество обломочного материала со дна и склонов долин рек и ручьев [1, 4]. Но здесь же произошло сползание и дробление крупных блоков пород, слагающих горные массивы верховьев и бортов долины руч. Водопадного. Сотрудники ИВиС ДВО РАН выделили три последовательные фазы процесса обрушения и три связанных с ними типа продуктов обрушения [5].

Первой фазе соответствовали преимущественно селевые отложения. При этом самые ранние их порции формировались, по-видимому, за счет оттаявших грубообломочных склоновых отложений и мощного снегового покрова, облежавших разрушавшиеся горные массивы. По мере перемещения скорость сильно раздробленной и обводненной массы пород резко возросла, попав в долину руч. Водопадного, она образовала типичный селевой поток из смеси воды, снега, глыб и более мелких разнообразных обломков с отложениями, содранными в самой долине ручья. Поток двигался со скоростью до 35—40 км/ч, по пути вырывая с корнями деревья и кусты. В среднем течении ручья он вскрыл и размыл красные глины гидротермального происхождения. Заплески, высота которых часто достигала 8—10 м (а местами и более), происходили в местах резкого искривления русла руч. Водопадного. Фронтальная часть потока достигла места впадения ручья в р. Гейзерную и начала формировать естественную плотину, перегородившую долину реки.

Одновременно со сходом грязекаменного потока в течение 2,5 мин происходило гравитационное обрушение уступов приводораздельной части долины реки в верховьях руч. Водопадного, распространявшееся с востока на запад. Перемещаясь по поверхности отложений первой фазы, «оползень» остановился всего в метре от ближайшего к фронту лавины домика на абсолютной отметке ~500 м. При этом разрушились некоторые хозяйственные сооружения, две вертолетные площадки, а металлический вагончик дизельной электростанции был перемещен на 11 м и вдавлен в торец одного из жилых помещений.

Третья фаза тоже началась как обвал, но из-за значительно меньшей высоты склонов и еще более пологой подстилающей поверхности обрушение склона отчасти имело характер обвала-оползня (особенно в его тыловой части). В его отложениях присутствовали разрушенные громадные блоки пород (длиной от нескольких метров до 10 м, иногда больше), материал которых не столько раздроблен, сколько растащен по направлению движения обломочного потока.



Траектория схода «оползня» пролегла вдоль западного борта долины руч. Водопадного, а его отложения завершили образование естественной плотины высотой около 50 м, перегородившей русло р. Гейзерной на участке впадения в нее руч. Водопадного, выше и ниже по течению от его устья.

В результате этих событий образовался состоящий из двух смежных цирков и открытый к северо-западу подковообразный амфитеатр обрушения с вытянутой в северо-восточном направлении субвертикальной стенкой высотой ~150 м и протяженностью ~800 м, с полого наклоненным днищем длиной 400—600 м. Объем обрушения и сошедшего при этом «оползня», по предварительным оценкам, составил 20 млн м<sup>3</sup> [2] (рис. 1).

Наиболее вероятной причиной схода «оползня» стало ослабление склонов, сложенных здесь исключительно уплотненными и слабосцементированными вулканогенно-осадочными породами гейзерной свиты. Этому способствовали преимущественно пемзовый состав отложений, локализация отмерших термальных площадок и гидротермальные изменения пород, наличие параллельных простиранию склона субвертикальных разрывных нарушений и зияющих трещин отрыва, направленное по падению склона залегание слоев, а также мерзлотные процессы. Ослабление началось задолго до обрушения, так как по материалам аэрофотосъемки 1989 г. в тыловой части будущего оползневого цирка уже трассируется совпадающая с будущей стенкой отрыва и хорошо выраженная зияющая трещина оседания.

На основании проведенных исследований специалисты сделали вывод, что спусковым механизмом, послужившим непосредственной причиной обрушения, стали эрозионные и нивальные процессы подрезки склона в сочетании с его ослаблением гидротермальной проработкой [2, 5]. В качестве возможных причин отмечается совпадение времени оползня с региональным (удаленным и слабым) землетрясением.

**Гидрологические последствия катастрофического события и возможное развитие подпрудного озера в будущем.** Появление естественной плотины в результате схода оползня и селя привело к повышению уровня реки с образованием подпрудного озера, максимальный урез которого в период наибольшего подъема воды (7 июня 2007 г.) составил 435 м выше уровня моря. Длина плотины составляет ~300 м, ширина 200—250 м в наиболее широкой части (в месте впадения руч. Водопадного в р. Гейзерную) и 40—60 м в наиболее узком месте долины, по обоим бортам которой возвышаются скалистые утесы (так называемые Ворота). Максимальная глубина образовавшегося озера 30 м при длине озера ~2 км. Вечером 7 июня 2007 г. верхняя часть плотины была размывта, снижение уровня озера на 9 м произошло за 4 часа. Спустя три дня уровень воды в озере стабилизировался: он колебался в пределах нескольких сантиметров относительно нового

уровня. Позднее амплитуда колебаний уровня стала измеряться несколькими десятками сантиметров (до 50—60), она реагировала на обильные выпадающие осадки и усилившееся таяние снега. После снижения уровня длина озера уменьшилась до 1,8 км, а максимальная глубина — до 20 м. В дальнейшем, по мере уплотнения материала плотины, уровень воды замедлил понижение и стабилизировался.

В период зимней межени на озере отсутствует ледяной покров, уровень озера колеблется незначительно около отметки 424,3 м абс. (рис. 2, а). За лето уровень поднимается на 50 см вследствие увеличивающегося летнего стока рек за счет таяния снежников. Исследование температуры воды в подпрудном озере в июне—июле 2008 г. показало характерное для этого времени года ее уменьшение от поверхности (14—15°С) к дну (9°С). В местах выхода подводных термальных источников температура воды повышается до 33—35°С. Такая ситуация наблюдается в основном вдоль левого берега озера. Повышение температуры воды приурочено к термопроявлениям, как глубинным, так и расположенным на уровне поверхности воды и образовавшимся вследствие боковой эрозии. Новые термопроявления появились у подножия обвального цирка; в среднем и нижнем течении бывшего руч. Водопадного образовался термальный ручей с температурой ~60°С (через полгода температура в нем по-

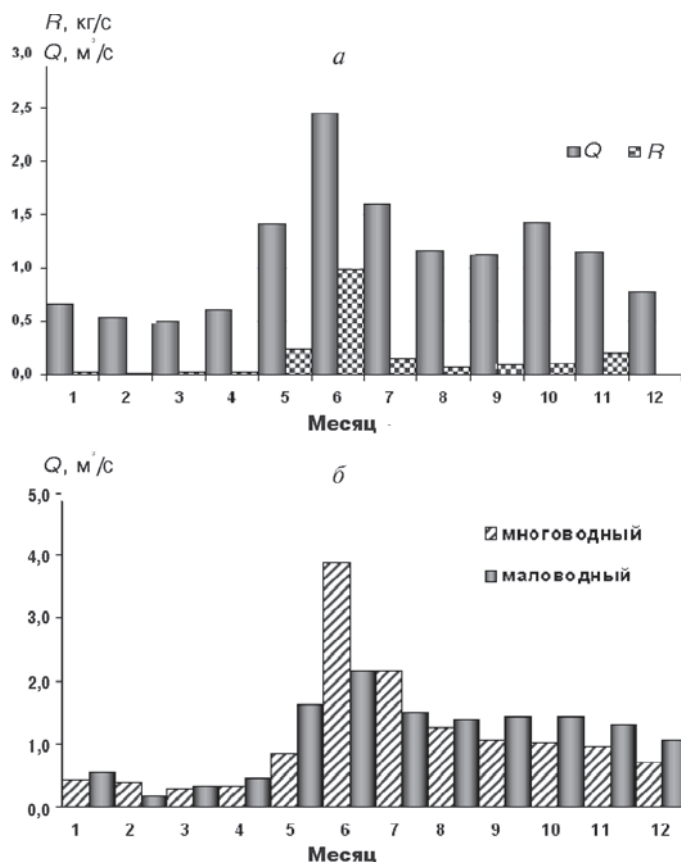


Рис. 2. Изменение уровня воды в Подпрудном озере с момента образования до 05.07.2008 г. (частично по материалам [5]) (а) и кривая изменения объема озера (б)

низилась до  $7,8^{\circ}\text{C}$  [5]), новые пбрыщие площадки видны по обоим берегам подпрудного озера.

Полученные с помощью цифровой модели рельефа и данных промеров глубины подпрудного озера морфометрические данные — кривые площадей и объемов (рис. 2, б) — использованы для определения обеспеченности весеннего половодья на р. Гейзерной, при котором будет происходить перелив воды через плотину при отметке 425 м абс. «Емкость форсировки», рассчитанная от отметки минимального зимнего меженного уровня до отметки 425 м абс, составила  $36\,600\text{ м}^3$ . Слой стока за половодье с территории водосбора р. Гейзерной, соответствующий накоплению в озере такого объема, составил 670 мм, а его обеспеченность — приблизительно 20%. Данные о среднемноголетнем слое стока за половодье, коэффициенте вариации и соотношении  $C_s/C_v$  взяты нами из соответствующих нормативных гидрологических документов [7].

Из-за сужения долины на участке Ворот быстрое катастрофическое разрушение плотины при ее сползании или размыве при паводках маловероятно. Наиболее вероятным можно полагать углубление сформировавшейся протоки, что приведет к дальнейшему понижению уровня озера, не исключено, что из-за неоднородного строения тела плотины врезание русла протоки и понижение озера будут не постепенными, а резко неравномерными, импульсивными. В любом случае процесс врезания русла протоки окажется бурным, малопредсказуемым и весьма опасным. Вполне вероятны внезап-

ные оползания с бортов протоки и обвалы на них, а также образование вторичных микроплотин с очень быстрым, но кратковременным повышением воды в русле реки и подпрудном озере. Кроме того, как и на остальной покрытой наносами площади, опасность будут представлять внезапные провалы и разжижение грунтов [5].

Ниже плотины основная опасность заключается, во-первых, в непредсказуемой миграции по дну долины нового русла р. Гейзерной, во-вторых, в вероятном образовании новых селевых потоков при быстром и интенсивном размыве плотины или при прорыве временных плотин в результате обвалов и оползней.

Выше плотины по берегам подпрудного озера по мере его спуска увеличится опасность обвалов и оползней на крутых бортах долины р. Гейзерной, особенно на тех участках, где широко развиты глинистые и гидротермально измененные породы. Повышенная опасность новых оползней и осыпей будет сохраняться здесь в течение всего периода изменения уровня воды в озере и формирования профилей склонов.

После образования озера в месте впадения в него р. Гейзерной стала формироваться дельта выдвигения. Подпор от озера привел к резкому изменению транспортирующей способности потока. Для расчета времени заполнения наносами озера использованы среднемесячные данные о стоке воды и наносов, полученные для реки-аналога (рис. 3). Среднее значение годового стока взвешенных и влеко-

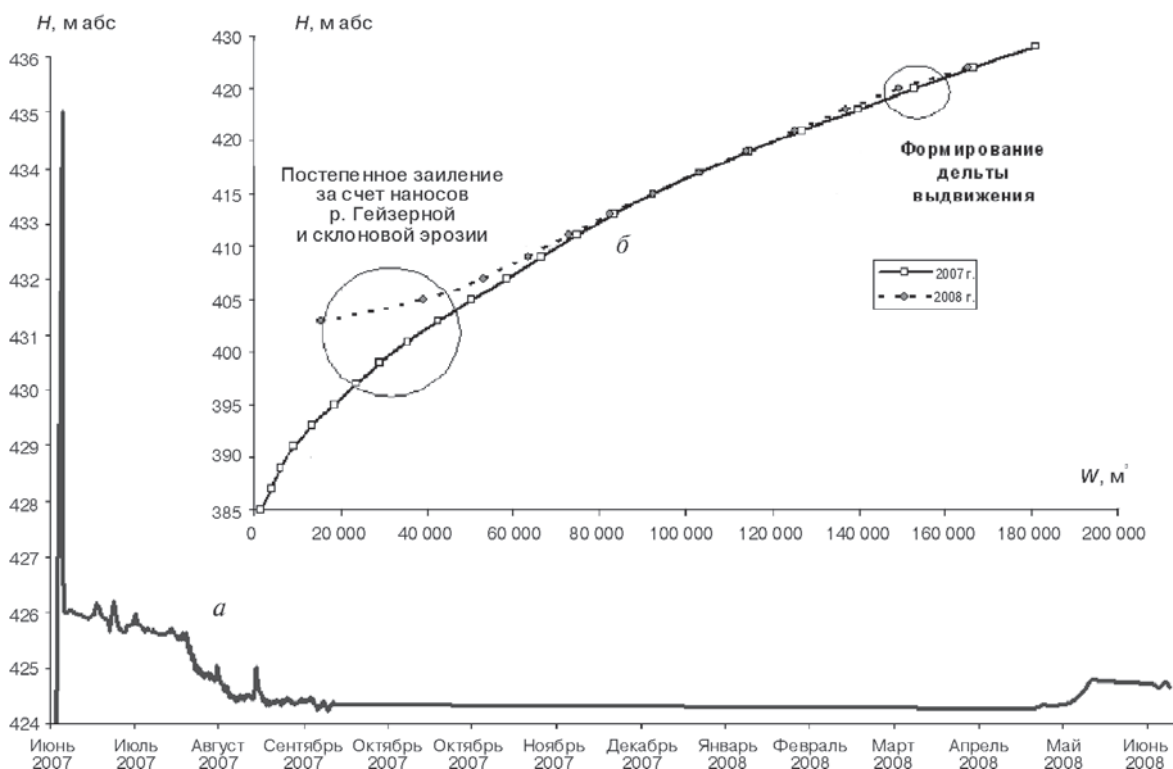


Рис. 3. Среднемноголетнее внутригодовое распределение расхода воды ( $Q$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ) и взвешенных наносов ( $R$ ,  $\text{кг}/\text{с}$ ) для р. Гейзерной, створ напротив гейзера Щель (*a*); расчетные (по данным о реке-аналоге) гидрографы р. Гейзерной для маловодного и многоводного года (*б*)

мых наносов составляет приблизительно 5200 т/год. Время полного заполнения озера наносами оценено в 45 лет, что несколько меньше срока, рассчитанного ранее специалистами из ИВиС ДВО РАН (70—100 лет) [2]. Учитывая возможные дополнительные факторы, определяющие поступление наносов, — абразию берегов, склоновые и оползневые процессы, — эта оценка в дальнейшем может быть уточнена.

**Рекреационно-туристические последствия катастрофы.** В связи со сходом оползня очень важно проанализировать произошедшие изменения с точки зрения дальнейшего использования Долины гейзеров для экскурсионной деятельности. Хотя в первые дни поступала весьма противоречивая информация о состоянии Долины гейзеров (были сообщения даже о ее полном уничтожении), результаты обследования показали, что основная площадка Витраж и самый крупный гейзер Великан существенно не пострадали, правда, прекратилась деятельность нескольких гейзеров: Первенца, группы Тройного (Сахарный, Тройной, Сосед), Большого и Малого гейзеров. На участках, перекрытых грязекаменным материалом и занятых озером, полностью прекратилась деятельность гейзеров и открытая разгрузка термальных вод. Однако за их пределами гейзеры сохранились. Кроме того, появились новые термопроявления у подножия обвального цирка, в среднем и нижнем течении бывшего руч. Водопадного сформировался термальный ручей, появились термальные озера, в том числе над погребенными гейзерами Сахарным, Тройным и Соседом. Существует вероятность частичного восстановления гейзерного режима при понижении уровня воды.

Таким образом, основная часть гейзеров и других термопроявлений, которые всегда служили объектами осмотра, сохранилась. Вместе с тем появились новые объекты, представляющие рекреационную ценность: обвальные цирки, плотина, перегородившая р. Гейзерную, подпрудное озеро, новые термальные озера и термальный ручей, свежие обвалы и оползни на бортах р. Гейзерной и др. Определенный интерес с научной и рекреационной точек зрения вызывает процесс восстановления сообществ растений и животных на теле «оползня», а также следы воздействия «оползня» на здания и сооружения.

В результате схода оползня и последующей реконструкции оборудования Долины гейзеров для посадки вертолетов и приема посетителей несколько изменены трассы экскурсионных маршрутов и расположение видовых площадок. В результате восстановительных работ здесь прибавились новые участки настильной тропы и лестниц, а также две вертолетные площадки. На старом экскурсионном маршруте произведен текущий ремонт, тем не менее в целом весь маршрут нуждается в капитальном ремонте с поэтапной заменой отдельных участков. При этом необходимо провести дополнительную проработку технологических условий и дизайнер-

ских решений. Кроме того, требуется подробно рассмотреть и обсудить новые варианты трассирования экскурсионных маршрутов и размещения смотровых площадок, провести корректировку режима посещения Долины гейзеров туристами (уточнить сроки экскурсионного сезона, продолжительность экскурсий, допустимые рекреационные нагрузки и др.). Для сохранения ландшафтного и биологического разнообразия и основных природных достопримечательностей Долины гейзеров в условиях постоянно растущего интереса к ней со стороны туристов, в том числе иностранных, необходимо также проводить ежегодный мониторинг.

Использование Долины гейзеров в качестве объекта познавательных экскурсий в настоящее время и в ближайшем будущем возможно лишь за пределами указанных выше особо опасных участков. Для дальнейшего изучения и объективной оценки потенциально опасных явлений, динамики развития и долгосрочного прогноза опасных процессов в Долине гейзеров представляется целесообразной комплексная программа более детальных научно-исследовательских работ. В перспективе развитие инфраструктуры туристического комплекса должно обязательно опираться на результаты этих исследований.

**Заключение.** Рассмотренные в статье сход катастрофического «оползня» и связанные с этим геологические и гидрологические процессы имеют существенное научное значение: они позволяют изучать динамику геологических и эволюционных процессов формирования новых экосистем на суше и в водной среде. Именно так была определена глобальная значимость этого события совместной миссией Всемирного союза охраны природы и ЮНЕСКО.

На основе литературных данных и полевых исследований описано образование подпрудного озера, его морфометрические характеристики и особенности гидрологического режима. Время полного занесения озера наносами оценено в 45 лет, что несколько меньше, чем рассчитано ранее специалистами из ИВиС ДВО РАН. С учетом имеющейся информации рассмотрены возможные опасные гидрологические и склоновые процессы в бассейне р. Гейзерной.

Долина гейзеров не потеряла своего своеобразия и привлекательности в качестве объекта экскурсий и экопросвещения, наоборот, она стала еще интереснее благодаря подпрудному озеру, обвальным циркам, новым термальным озерам и другим объектам. Появилась возможность включить в состав экскурсий не только эти объекты, но и наблюдение за процессами зарастания и формирования растительных сообществ в новых теплых озерах и на оползневом участке. В статье сделан ряд конкретных предложений, от которых зависит продолжение экскурсионной деятельности в Долине гейзеров.

Авторы благодарят сотрудников Кроноцкого заповедника и Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН за предоставленные материалы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградов Ю.Б.* О селевых явлениях на Камчатке // Тр. КазНИГМИ. 1969. Вып. 33. С. 139—143.
2. *Дрознин В.А., Двигало В.Н., Муравьев Я.Д.* Оползень 3 июня 2007 г. в Долине гейзеров на Камчатке // Тр. Междунар. конф. «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита». Пятигорск, 2008. С. 41—44.
3. *Иванов А.Н., Валебная В.А., Чижова В.П.* Проблемы рекреационного использования особо охраняемых территорий (на примере Долины гейзеров) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1995. № 6. С. 68—74.
4. *Краевая Т.С.* Краткая характеристика селеопасных районов Камчатки // Тр. КазНИГМИ. 1969. Вып. 33. С. 144—150.
5. *Пинегина Т.К., Делемень И.Ф., Дрознин В.А.* и др. Камчатская Долина гейзеров после катастрофы 3 июня 2007 г. // Вестн. ДВО РАН. 2008. № 1. С. 33—44.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 20. Камчатка. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 365 с.
7. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М.: Госстрой РФ, 2003. 80 с.

Поступила в редакцию  
14.05.2009

**I.B. Vorobievsky, V.A. Droznin, N.L. Frolova, V.P. Chizhova**

**HYDROLOGICAL AND RECREATIONAL EFFECTS OF A CATASTROPHIC MUDFLOW  
IN THE GEYSER VALLEY (THE KAMCHATKA PENINSULA)**

Hydrological and environmental effects of natural catastrophic events (rock fall and landslide amounting to 20 mln m<sup>3</sup>, mudflow, formation of a dam and a lake in the lower reaches of the Geyzernaya River) which took place on June 3, 2007, in the Geysers Valley (the Kamchatka Peninsula), are discussed. Possible causes of landslide and mudflow are suggested. Hydrological regime of the Geyzernaya River and the dam lake is described, as well as the trends of its possible evolution. Prospects of ecological tourism in the Geysers Valley after the catastrophe are evaluated basing on the results of the authors' field investigations.

*Key words:* the Geysers Valley, landslide, dam lake, natural hazards.