

ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКАЯ АССОЦИАЦИЯ

**МАТЕРИАЛЫ  
ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**ВЫПУСК 95**

**DATA  
OF GLACIOLOGICAL  
STUDIES**

**PUBLICATION 95**

Москва

Сентябрь 2003

# Новые селеопасные озера у края ледника Башкара на Центральном Кавказе

С.С. Черноморец<sup>2</sup>, О.В. Тутубалина<sup>1,2</sup>, А.А. Алейников<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова;

<sup>2</sup>Университетский центр инженерной геодинамики и мониторинга, Москва

Исследованы состояние, размер и глубины новых озер у края ледника Башкара, прослежена их динамика в последние годы, оценена потенциальная селевая опасность.

Ледниковые озера в долине Адыл-Су на Центральном Кавказе изучают с середины XX в. В конце 1930-х годов в массиве мертвого льда отчленившейся правой ветви ледника Башкара сформировалось одноименное озеро. Оно находится справа от ледникового потока и подпружено им.

В конце 1980-х годов у нижнего края ледника Башкара появились объекты, ранее не существовавшие: при отступании ледника образовалась группа новых моренных озер. Происходит их активное разрастание, с каждым годом увеличивается площадь зеркала и объем. Однако озера пока отсутствуют на картах, об их наличии и возможности прорыва не известно людям, находящимся в зоне опасности, и лицам, принимающим решения о селезащитных мероприятиях. В литературе, насколько нам известно, озера лишь кратко упомянуты И.Б. Сейновой [9] и схематически показаны на карто-схеме А.М. Алейниковой [1]. Анализ характеристик озер, выделение их в самостоятельную группу, заслуживающую пристального внимания, пока не проведены.

## Характеристика района исследований

Ледник Башкара находится в бассейне р. Адыл-Су (рис. 1 а) — правого притока р. Баксан. Площадь водосбора р. Адыл-Су 98,7 км<sup>2</sup>, ее длина 12,8 км. Река Адыл-Су дренирует депрессию между Главным Кавказским и Боковым хребтами. С юга ледниковый бассейн Башкара окаймлен цепочкой вершин-четырёхтысячников Главного хребта: Уллу-Кара, Башкара и Джан-Туган (рис. 1 б). Западная граница бассейна Башкара проходит по отрогу Главного Кавказского хребта с вершинами пик Гермагенова и Чегет-Кара. На севере водоразделом служит гребень морены ледника Башкара. Коренные породы бассейна представлены преимущественно палеозойскими гранитами и гранодиоритами, в меньшей степени гнейсами.

В формировании рельефа долины значительную роль играет оледенение. Ледники находятся на склонах Главного Кавказского хребта северной и северо-западной экспозиции. Долинный ледник Башкара обозначен в Каталоге ледников СССР под № 59 [4]. Согласно Каталогу, его длина 4,3 км, площадь 2,9 км<sup>2</sup>. Два небольших ледника, входящие в площадь ледосбора — висячий № 60 и карово-висячий № 61, имеют длину соответственно 0,9 и 1,3 км и

площадь 0,2 и 0,3 км<sup>2</sup> [8]. В плейстоцене ледники Башкара, № 60 и 61 были частью единого древнего ледника Адыл, который в эпоху максимального развития оледенения входил в состав крупного Баксанского ледника [9]. Ледник Башкара спускается с крутой стены Главного Кавказского хребта в северном направлении в относительно широкую долину, почти полностью перегораживает ее и отклоняется к западу. Между правой мореной ледника Башкара и правым бортом долины — склоном Бокового хребта — протекает р. Джанкуат. Примерно в 0,6 км ниже фронта ледника Башкара, водоток, берущий начало от ледника, сливается с р. Джанкуат. От места слияния река называется Адыл-Су.

## Возникновение группы озер у ледника Башкара

Оз. Башкара образовалось, видимо, в конце 1930-х или в 1940-е годы. По данным экспедиции Государственного гидрологического института, работавшей по программе Международного полярного года, в 1932–1933 гг. на месте озера был ледник. На карте ледника Башкара, приводимой Е.И. Орешниковой [7], и на фотографиях В.К. Альтберга [2, 7] озеро отсутствует.

С конца 1950-х годов на леднике Башкара исследования проводила Кавказская экспедиция Харьковского университета по программе Международного геофизического года. Оз. Башкара к тому времени уже существовало. П.В. Ковалев [5, 6] сообщает о его прорывах в августе 1958 г. и летом 1959 г. Размеры оз. Башкара в 1958–1959 гг. были меньше, чем сейчас. На фотографиях П.В. Ковалева [6] видно, что в конце 1950-х годов уровень озера был гипсометрически выше современного. Дно озера, вероятно, было в то время сложено льдом. И.Б. Сейнова приводит более точные даты прорыва: 8 августа 1958 г. и 5 августа 1959 г., а также в октябре 1960 г. [8].

Причинами прорывного селя 1958 г., по мнению П.В. Ковалева, стали такие процессы, как растворение и размыв ледяной подпруды [5] и прорыв гота в теле ледника ниже уровня воды в озере [6]. После селя уровень оз. Башкара упал примерно на 2 м. У правого края языка ледника Башкара до прорыва 1958 г. существовало второе небольшое озеро; его фотографии, сделанные П. Долот и И. Черваневым, приведены в [6]. Оно оказалось на пути селевого потока и в

ходе прорыва было спущено. На схеме Г.П. Дубинского и И.П. Снегур [3], отображающей, видимо, положение после прорыва 1958 г., второе озеро отсутствует. По оценке И.Б. Сейновой, объем первоначального водного импульса, образовавшегося в 1958 г. в результате спуска двух озер и прорыва внутриледникового стока, составлял около 60 тыс. м<sup>3</sup>, а объем селевых отложений — примерно 2 млн м<sup>3</sup> [8]. Режим оз. Башкара после 1960 г. был относительно стабильным. Поверхность озера увеличилась, но моренно-лед-

дяная плотина удерживала его воды от прорыва. До образования оз. Башкара сели также периодически возникали у края ледника. По лихенометрическим исследованиям И.Б. Сейновой [8], у его фронта имеются следы селей X в., 1910 г. и 1930–1940 гг.

Новые озера (рис. 2 а) появились на рубеже 1980-х и 1990-х годов, недалеко от того места, где располагалось озеро, спущенное в 1958 г. Ни описания новых озер, ни оценка их динамики и опасности прорыва пока в литературе не приводились.

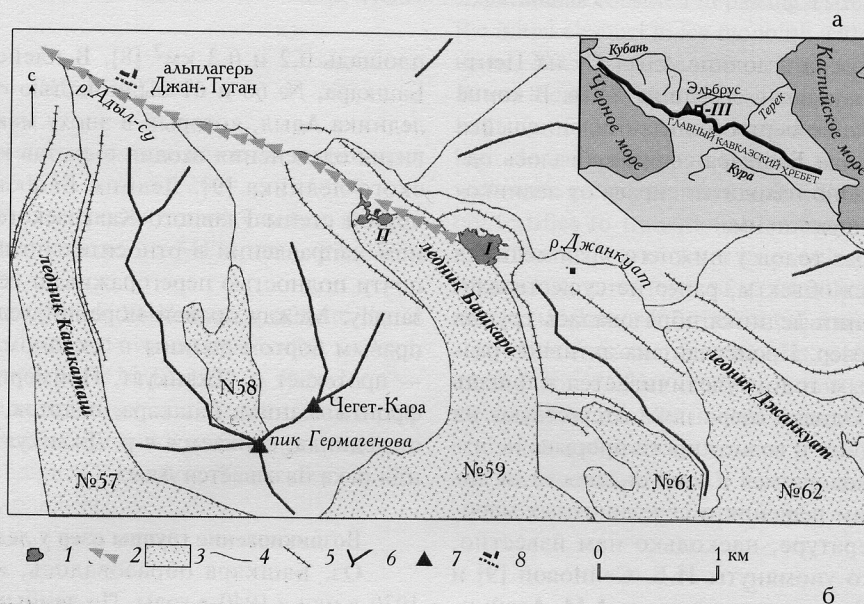


Рис. 1. Район исследований. Схематическая карта: 1 — озера, 2 — примерный путь прорывных селей 1958–1960 гг., 3 — ледники (номера соответствуют Каталогу ледников [4]), 4 — водотоки, 5 — гребни моренных валов, 6 — горные хребты, 7 — вершины, 8 — строения. Римскими цифрами обозначены: оз. Башкара (I), новые озера (II), положение района исследований (III) на врезке (а). Ледник Башкара, примыкающие к нему озера и вершины Джан-Туган и Башкара (б)

Fig. 1. Location of the research area. A schematic map of the area: 1 — lakes, 2 — the approximate route of the glacial outburst mudflows in 1958–1960, 3 — glaciers (numbers are shown according to the Catalogue of glaciers [4]), 4 — water courses, 5 — moraine ridges, 6 — mountain ranges, 7 — summits, 8 — buildings. Roman numerals show: Lake Bashkara (I), new lakes (II), location of the research area (III) in the inset (a); Bashkara Glacier, the adjoining lakes and the summits of Dzhán-Tugan and Bashkara (b)

### Принятые топонимические обозначения

Большинство географических названий высокогорной части Приэльбрусья можно разделить на две группы: официальные (имеющиеся на государственной топографической карте) и так называемые “туристские”. В первую группу входят, как правило, балкарские названия. Вторая группа насчитывает больше наименований, чем первая. Она включает топонимы, присутствующие в описаниях походов и восхождений, нанесенные на кроки. В последние годы изданы карты, на которых наряду с официально утвержденными названиями даны выделенные специальным цветом “туристские”, а точнее, неофициальные наименования, которые используют альпинисты, туристы, исследователи и местные жители.

Исторически большое озеро справа от ледника Башкара обозначалось одним именем с ледником.

Добавление “Кэль” (озеро), характерное для балкарских названий озер, к оз. Башкара не применялось. Новые же озера пока не отмечены на картах и не имеют общепринятых названий. Когда о них идет речь, может сложиться впечатление, что имеется в виду оз. Башкара. Между тем эти озера имеют самостоятельное значение и точное знание их местоположения важно для безопасности посетителей долины. Поэтому было бы желательно, чтобы они имели какие-то названия. С 1999 г. мы используем для обозначения этих озер рабочие названия Лапа (восточное) и Мизинчик (западное), которые отражают их форму в 1999 г. Оз. Лапа состоит из двух частей — основной котловины и залива, разделенных коротким проливом; сезонное озеро к северу от этих двух озер обозначается как оз. Зандровое.

### Методика исследований

#### и использованные материалы

Исследования озер включали маршрутные наблюдения, анализ аэрофотоснимков и космических снимков разных лет, измерения глубин, тахеометрическую съемку береговой линии, повторные фотосъемки, а также съемку фототеодолитом и цифровой камерой.

Первые наши исследования, в которых зафиксировано появление новых озер, относятся к 1990 г. Они проводились с целью изучения состояния высокогорий и выбора ключевых участков наблюдений за экзогенными процессами по заданию Кабардино-Балкарской геологоразведочной экспедиции ПГО “Севкавгеология”. Одновременно с наземными исследованиями Лабораторией аэрокосмических методов изысканий Всесоюзного научно-исследовательского института транспортного строительства (ЦНИИС) 23 августа 1990 г. выполнена многозональная (камерой МСК-4) и панхроматическая аэрофотосъемка. Съемку проводил боргоператор В.П. Олохтонов.

В 1996 г. была намечена предварительная программа исследований, включающая наблюдения за уровнем оз. Башкара и новых озер в предполье ледника, изучение потенциальных каналов прорыва озер, повторные съемки, составление карты их динамики, а также лихенометрические исследования.

С июля этого года мы проводили дешифрирование снимков для изучения динамики озер и моренного комплекса по сравнению с положением в августе 1990 г. Контрольные обследования озер были выполнены в 1998, 1999, 2000 и 2001 гг. С обзорных точек, маркированных на местности, велось повторное фотографирование. На гребне правой морены ледника Башкара в 100–150 м к востоку от оз. Лапа и на берегу этого озера были маркированы точки геодезических измерений, базы цифровой и фототеодолитной съемок. Цифровая стереосъемка озер Лапа и Мизинчик выполнена 14 июля и 30 августа, а фототеодолитная съемка — 30 августа 2001 г.

Для анализа динамики озер мы использовали аэрофотоснимки 1965 и 1990 гг. и космические

а



б

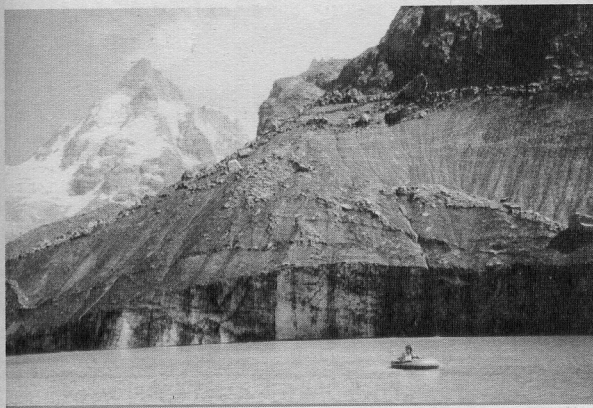


Рис. 2. Новые озера у края ледника Башкара: общий вид с морены, цифровая съемка 14 июля 2001 г. (камера Kodak DC210 Plus): 1 — потенциальное место прорыва моренно-ледяной плотины, 2 — оз. Лапа, 3 — оз. Мизинчик, 4 — оз. Зандровое (а); измерения глубин на оз. Мизинчик (б)

Fig. 2. The new lakes by the edge of Bashkara Glacier: а) overview from the moraine, digital photograph, 14 July 2001. 1 — location of the potential outburst through the ice-morainic dam, 2 — Lake Lapa, 3 — Lake Mizinchik, 4 — Lake Zandrovoye (а); depth measurements on the Lake Mizinchik (б)

снимки 1971, 1999 и 2001 гг. Аэрофотоснимок августа 1965 г. получен в Лаборатории аэрокосмических методов географического факультета МГУ. Космические фотоснимки CORONA от 20 сентября 1971 г. и Landsat 7 ETM+ от 9 августа 1999 г. получены из архивов Геологической службы США при помощи некоммерческого партнерства “Прозрачный мир”, а космический снимок Terra ASTER от 15 сентября 2001 г. — через систему EOS Data Gateway.

В 2001 г. теодолитом Theo 010 В была сделана тахеометрическая съемка береговой линии озер Лапа (14 июля), Мизинчик (15 июля) и Башкара (20–22 июля). С целью измерения глубин озер и оценки объема воды с надувной лодки веревочным лотом проводились промеры глубин (см. рис. 2 б): на оз. Лапа 23 июля 2000 г. и 31 августа 2000 г., на оз. Мизинчик 23 июля 2000 г. и 31 июля 2001 г., на оз. Башкара 20–22 июля 2001 г.

Для изучения динамики уровня на оз. Башкара 16 августа 1999 г. был создан временный футшток № 1 в виде маркированного валуна на берегу. Аналогичный футшток № 2 создан 23 июля 2000 г. на оз. Лапа. Валуны размечены масляной краской через каждые 10 см. Поскольку непосредственно под

оз. Лапа скорее всего остается мертвый лед, футшток № 2 можно использовать только до обнаружения признаков смещения.

### Карта береговой линии и глубин новых озер

По результатам тахеометрической съемки и измерений глубин мы составили схематическую карту новых озер (рис. 3). Точность тахеометрической съемки составляла 0,1–0,2 м; среднее расстояние между пикетными точками — 10–20 м, поэтому мелкие детали береговой линии учтены на карте лишь частично. На нее нанесены также результаты промеров глубин в июле–августе 2000 г., их точность — около 0,2–0,5 м. Положение точек промеров показано схематически на рис. 3. Граница ледника Башкара, область распространения мертвого льда, гребни моренно-ледовых валов и положение нового подледного канала нанесены по данным полевых наблюдений и фотосъемок.

Максимальные глубины озер по данным промеров, оценки средней глубины и площадь озер по данным тахеометрической съемки приведены в табл. 1. За среднюю глубину оз. Мизинчик принято среднее арифметическое значение по 21 промеру. Для оз. Ла-

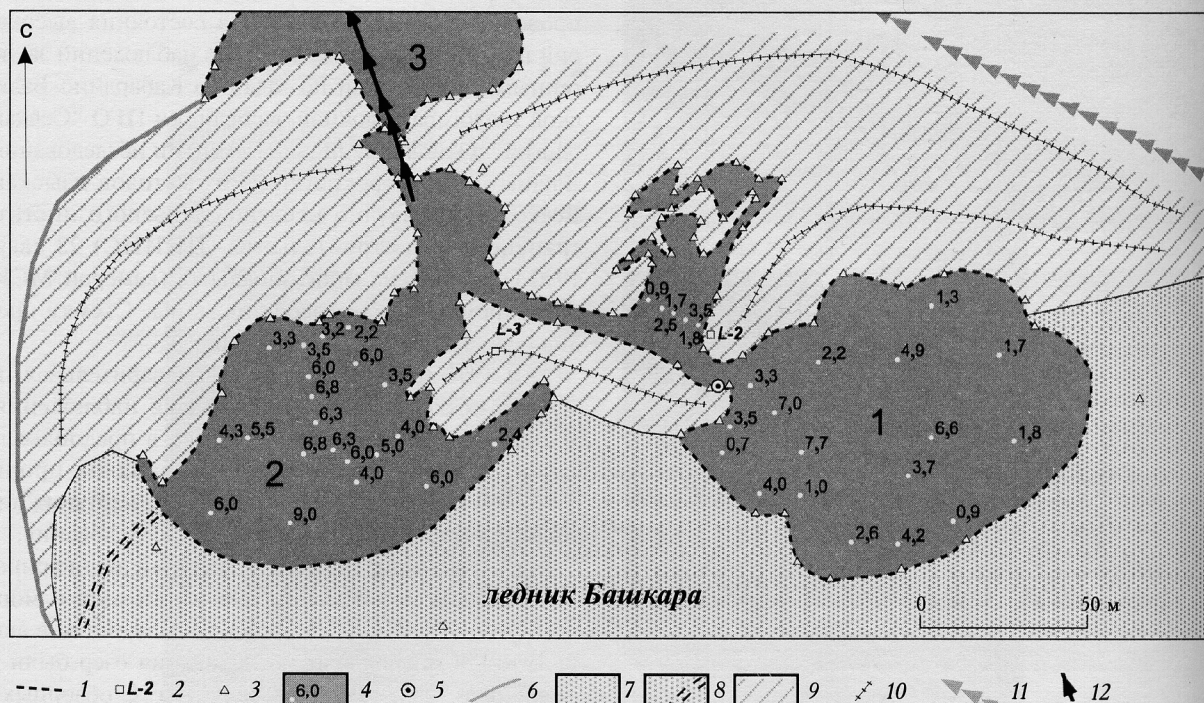


Рис. 3. Схематическая карта новых озер, составленная по данным тахеометрической съемки, измерений глубин и полевых наблюдений: 1 — береговая линия в 2001 г.; 2 — станции тахеометрической съемки; 3 — пикетные точки; 4 — глубины, м; 5 — временный футшток №2; 6 — водотоки; 7 — ледник; 8 — новый подледный канал, образовавшийся в период с августа 2000 г. по июль 2001 г.; 9 — область распространения мертвых льдов; 10 — гребни моренно-ледовых валов; 11 — примерный путь прорывных селей оз. Башкара в 1958–1960 гг.; 12 — возможный путь селя при прорыве новых озер. Цифрами на карте обозначены: 1 — оз. Лапа, 2 — оз. Мизинчик, 3 — оз. Зандровое

Fig. 3. A schematic map of new lakes, compiled from the data of tacheometric survey, depth measurements and field observations. 1 — coastline in 2001; 2 — stations of the tacheometric survey; 3 — surveyed points; 4 — depths in metres; 5 — temporary depth gauge №2; 6 — water courses; 7 — glacier; 8 — a new subglacial channel, formed between August 2000 and July 2001; 9 — area of dead ice; 10 — ice-morainic ridges; 11 — the approximate route of Lake Bashkara glacial outburst mudflows in 1958–1960; 12 — possible mudflow route in case of outburst of the new lakes

Таблица 1

## Морфометрические характеристики озер и оценка объема воды

Названия озер	Площадь (по данным съемки 2001 г.), тыс. м <sup>2</sup>	Количество промеров глубины	Средняя глубина (оценка), м	Наибольшее значение глубины по точкам промеров, м	Объем (оценка), млн м <sup>3</sup>
Лапа:	9,5	22	3,2	7,7	0,030
основная котловина	8,0	17	3,4	7,7	0,027
залив	1,5	5	2,0	3,5	0,003
Мизинчик	6,0	21	5,1	9,0	0,031
Зандровое		9	0,4–0,5	1,2	
Башкара	63,9	5	15–25	30,7	0,9–1,6

па сначала были раздельно рассчитаны площадь и средняя глубина по двум его частям — основной котловине и заливу. Затем получены показатели площади и средней глубины всего озера с учетом размера его частей. Объем определен путем умножения площади на среднюю глубину.

Таким образом, объем воды в оз. Лапа можно оценить в 30 тыс. м<sup>3</sup>, а в оз. Мизинчик — в 31 тыс. м<sup>3</sup>. Всего в этих озерах в июле-августе 2000 г. содержалось примерно 61 тыс. м<sup>3</sup> воды. По-видимому, точность оценки составляет примерно 10–15 %. В 2001 г. на оз. Мизинчик были проведены контрольные промеры в пяти точках, по которым прослеживается тенденция небольшого увеличения его глубины. В связи с значительными сезонными колебаниями площади Зандрового озера его объем мы не оценивали.

Согласно измерениям по пяти точкам, глубина оз. Башкара в июле 2000 г. составляла 19,7, 30,7, 17,3, 26,5 и 22,2 м. Это в целом согласуется с оценкой максимальной глубины озера, приводимой И.Б. Сейновой [8], — 36 м. Для более корректной оценки средней глубины озера требуется увеличение количества точек измерений. Однако представляется важным оценить объем воды в нем хотя бы приблизительно. Если исходить из предположения, что среднее значение глубины находится в пределах 15–25 м, то объем воды в оз. Башкара можно оценить в 0,9 млн м<sup>3</sup>.

После завершения обработки результатов цифровой стереосъемки и фототеодолитной съемки станет возможным составление гипсометрической карты фронта ледника Башкара и моренного комплекса в окрестностях озер.

#### Динамика берегов озер

Анализ аэрофотоснимков 1965 и 1990 гг., а также космических снимков 1971 и 2001 гг. показывает, что за последние 36 лет размеры оз. Башкара (в широтном направлении) увеличились почти вдвое — от 180 до 320 м. Что касается новых озер, то в 1990 г. при маршрутных наблюдениях у фронта ледника фиксировалось несколько небольших озеровидных образований. На аэрофотоснимках 1990 г. новые озера четко не видны (рис. 4 а). К 1998 г. новые озера заметно увеличились по сравнению с началом 1990-х

годов. На фотографиях от 24 августа 1998 г. видно, что обозначились как самостоятельные объекты озера Лапа и Мизинчик, а также мелкие заливы. В котловинах озер отмечены значительные скопления морены, покрывающей отчленившиеся от ледника массивы льда. Фронт ледника, особенно в его правой части, имел признаки отступления.

В августе 1999 г. продолжалось разрастание озер, особенно оз. Лапа. На перемычке оз. Мизинчик обнажилась ледяная стенка высотой 6–7 м и крутизной около 45°, насыщенная обломочным материалом. В дневные часы по поверхности стенки осыпались обломки, что связано с вытаиванием льда. В динамике оз. Башкара существенных изменений не отмечено.

В июле-августе 2000 г. обрушился грот на оз. Лапа. На северном берегу оз. Мизинчик разрушался массив мертвого льда, слагающего плотину озера. Массив отступил на несколько метров. В обрыве мертвого льда образовалась ниша высотой около 1 м и глубиной 1,5–2,0 м. В западной части оз. Мизинчик произошел спуск воды из термокарстовой полости размером 3–5 м, располагавшейся в июле над поверхностью озера на высоте около 15 м. В этом месте обрушился лед с образованием мелких айсбергов. Пространство к северо-востоку от оз. Мизинчик, которое ранее было сложено льдом, покрытым мореной, заполнилось водой.

С августа 2000 г. до 23 июля 2001 г. конфигурация озер заметно изменилась. На оз. Лапа исчез остров в районе грота, уменьшилась крутизна обрыва плотины в части, обращенной к оз. Мизинчик. Внутренний склон плотины за год отступил на 20–30 м. Река, вытекавшая из-под левого края ледника Башкара и проходившая вдоль левой морены в обход озер, в нижней части значительно обмелела, и образовался новый подледный канал (см. рис. 3). Канал включает ряд мелких каверн и соединяет исток реки с западной частью оз. Мизинчик. Таким образом, значительно увеличилась доля стока ледника Башкара, проходящая через оз. Мизинчик и моренно-ледовую плотину. Поток воды из озера через перемычку увеличился в несколько раз.

В конце лета 2001 г. оз. Лапа состояло из двух частей — основной котловины и залива. Основная

котловина эллипсовидной формы примыкала к леднику; ее размеры по оси, параллельной линии фронта ледника, составляли около 90 м и примерно 120 м в перпендикулярном направлении. Ледник относительно полого примыкал к озеру, размеры грота в 2001 г. были невелики. Залив, отделенный от основной котловины озера проливом шириной около 5 м, находился в отчленившемся от ледника массиве мертвых льдов, и его береговая линия имела сложную форму, что обусловлено неравномерностью термокарстовых процессов.

Максимальный размер оз. Мизинчик в августе 2001 г. достигал 130 м. По оси, перпендикулярной фронту ледника, ширина озера была равна 70 м. Высота уступа ледника, примыкающего к оз. Мизинчик, доходила до 30 м и крутизна — до 35–40°, за исключением грота в нижней части высотой 10–12 м, имевшего практически отвесный уступ. После слияния поток из озер Лапа и Мизинчик достигал в ширину 25 м. Высота ступени моренно-ледовой плотины летом 2001 г. составляла 9–10 м. При пересечении плотины поток образовывал водопад.

Максимальная глубина Зандрового озера была равна 1,2 м. В период уменьшения абляции ледника это озеро мелеет, значительно уменьшается в размерах и меняет очертания.

#### Изменения уровня озер

Замеры по футштокам показали, что уровень оз. Лапа в июле-августе меняется незначительно, в пределах 25 см. Так, в 2000 г. 23 июля уровень был равен -151 см, а 11 августа -160 см и в 2001 г. 13 июля -159 см и 30 августа -176 см (измерения по футштоку № 2). Для холодного периода года информация пока отсутствует. По-видимому, в летний период уровень озера

регулируется перетоком воды через моренно-ледяную плотину.

В отличие от оз. Лапа, оз. Башкара, находящееся в замкнутой котловине, испытывает заметные сезонные колебания уровня. К концу августа, когда таяние ледника уменьшается, уровень падает не менее чем на 50 см по сравнению с серединой июля. К середине сентября падение уровня достигает 1,2–1,3 м. Видимо, в холодный период года уровень опускается еще ниже. В то же время в период максимального таяния (июль) его значения в 1999–2001 гг. отличались друг от друга не более чем на 0,1 м (измерения по футштоку № 1, см):

1999 г.		2000 г.		2001 г.	
16 августа	-66	20 июля	-26	15 июля	-23
22 сентября	-205	23 июля	-23	20 июля	-24
		31 июля	-32	22 июля	-25
		16 августа	-69	29 августа	-75
		9 сентября	-225	3 сентября	-107

Абсолютные отметки уреза озер, по нашим данным, составляли 2499 м для оз. Лапа (13 июля 2001 г.) и 2588 м для оз. Башкара (20–22 июля 2001 г.). Урез оз. Мизинчик находился в среднем на 0,2–0,3 м выше, чем оз. Лапа.

#### Опасность прорыва озер

Площадь новых озер в настоящее время вполне сопоставима с площадью зеркала оз. Башкара перед прорывом в 1958 г. Интенсивная деградация массивов мертвого льда, слагающего дно и берега озер, может в ближайшие годы привести к прорыву озерных вод. Объем воды в новых озерах, по нашей оценке, превышающий 60 тыс. м<sup>3</sup> (см. табл. 1), даже

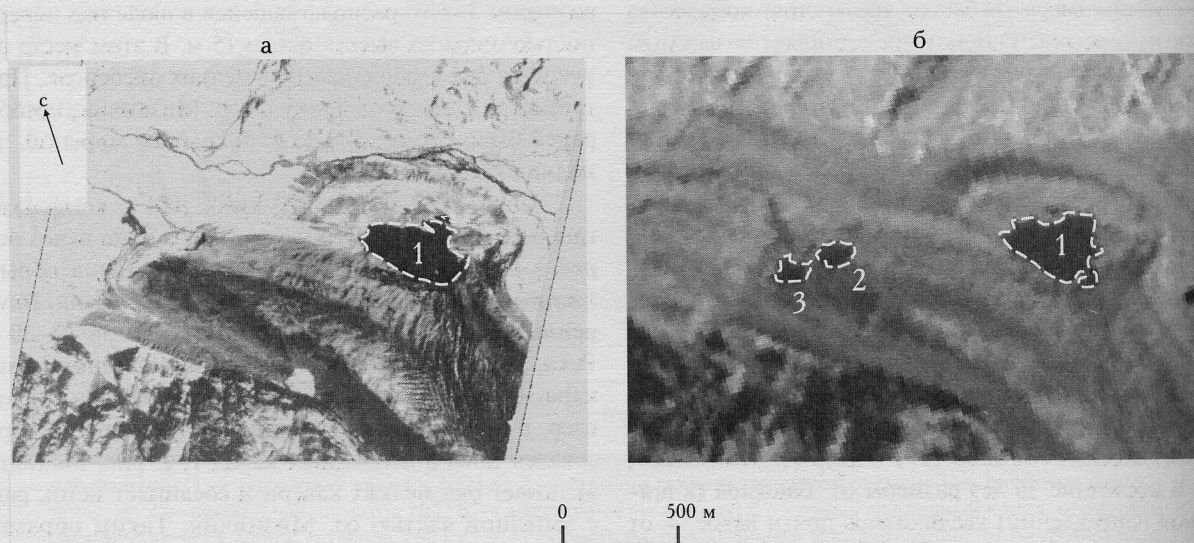


Рис. 4. Контуры озер в 1990 и 2001 гг.: аэрофотоснимок МСК-4 от 23 августа 1990 г. (ближняя инфракрасная зона), пространственное разрешение около 1 м (а); космический снимок ASTER от 15 сентября 2001 г. (ближняя инфракрасная зона), пространственное разрешение 15 м (б); 1 — оз. Башкара, 2 — оз. Лапа, 3 — оз. Мизинчик

Fig. 4. Lakes in 1990 and 2001: a) MCK-4 air photograph of 23 August, 1990 (near-infrared channel), spatial resolution about 1 m (a); ASTER satellite image of 15 September, 2001 (near-infrared channel), spatial resolution 15 m (b). 1 — lake Bashkara, 2 — lake Lapa, 3 — lake Mizinchik

в случае их неполного опорожнения может оказаться достаточным для начального импульса катастрофического селевого потока. В случае прорыва новых озер и нарушения равновесия в теле ледника не исключена также дополнительная подпитка селя частью вод оз. Башкара через подледный канал стока.

Один из возможных механизмов прорыва иллюстрирует ситуация, наблюдавшаяся нами на оз. Мизинчик 15 июля 2001 г. Над средней частью грота ледника произошло обрушение ледяного блока с высоты около 30 м с образованием мощной волны на поверхности озера и многократным увеличением расхода воды, переливавшейся через плотину. В будущем, в случае отрыва более крупной глыбы энергия волны может оказаться достаточной для разрушения плотины и одновременного спуска значительного объема озерных вод. В такой ситуации плотина может послужить источником части твердого материала. Затем поток вовлечет воды Зандрового озера и песчано-глинистые отложения долинного зандра. Следующим источником подпитки будут конечные и береговые морены ниже зандра и верхняя часть поля аккумуляции селей 1958–1960 гг. В результате по р. Адыл-Су может сойти разрушительный сел большой мощности. Под угрозой находятся туристические стоянки, сезонный пост пограничной службы, строения альплагерей “Джан-Туган” и “Эльбрус”, а также автодорожный мост через р. Адыл-Су.

В условиях продолжающейся деградации оледенения и роста селевой опасности появляется возможность заранее подготовиться к детальному исследованию механизма зарождения гляциальных селевых потоков прорывного генезиса. Для формирования селя, который может сойти по долине Адыл-Су, видимо, не потребуется участие дождевых осадков, и его возникновение будет обусловлено только воздействием ледника Башкара на озерный комплекс. Наблюдения необходимо проводить в период наибольшей опасности, который включает время с начала июля до конца августа.

В селеопасный период в долине Адыл-Су находится большое количество людей. Для предотвращения их возможной гибели и минимизации ущерба, важно проводить мониторинг озер, изменений их уровня и состояния моренно-ледяной плотины. Целесообразно установить информационные щиты на берегах р. Адыл-Су в районе альплагеря “Джан-Туган”, где в селеопасной зоне особенно часто останавливаются туристы. Необходимо обозначить озера на вновь издаваемых картах, чтобы информация о них была доступна лицам, находящимся в долине Адыл-Су, а также специалистам, принимающим решения по строительству и селезащитным мероприятиям.

Авторы выражают благодарность И.Б. Сейновой и В.В. Поповнину за консультации и помощь, А.М. Алейниковой, Е.В. Егоровой, И.Н. Крыленко, П.Г. Журавлевой, О.В. Пруту, Е.С. Соколовой за участие в измерениях, Е.А. Золотареву и С.Г. Нечелюстову за проведение фототеодолитной съемки,

Ю.Ф. Книжникову за предоставление оборудования, Р.Н. Гельману за помощь в обработке цифровых снимков.

Работы выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, гранты № 00-05-64825а, 01-05-64151 и 03-05-64792.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алейникова А.М. Возраст моренных отложений долины Адыл-Су (Приэльбрусье) по материалам лихенометрической съемки. — МГИ, вып. 90, 2001, с. 50-56.
2. Альтберг В.К. Движение ледника Башкара. — Кавказ. Ледниковые районы. Тр. ледниковых экспедиций, вып. V, Л., 1936, с. 36-42.
3. Дубинский Г.П., Снегур И.П. Физико-географические особенности верховьев р. Баксан и метеорологические наблюдения на леднике Башкара. — Материалы Кавказской экспедиции (по программе МГГ), т. III, Харьков, 1961, с. 215-285.
4. Каталог ледников СССР, т. 8. Северный Кавказ, ч. 5. Бассейны рек Малки, Баксана. Л., ГИМИЗ, 1970, 145 с.
5. Ковалев П.В. О селях на северном склоне Центрального Кавказа. — Материалы Кавказской экспедиции (по программе МГГ), т. III, Харьков, 1961, с. 149-161.
6. Ковалев П.В. Современное оледенение бассейна р. Баксан. — Материалы Кавказской экспедиции (по программе МГГ), т. II, Харьков, 1961, с. 3-106.
7. Орешникова Е.И. Ледники Эльбрусского района по исследованиям 1932–1933 гг. — Кавказ. Ледниковые районы. Тр. ледниковых экспедиций, вып. V, Л., 1936, с. 239-299.
8. Сейнова И.Б. Селевые процессы бассейна р. Баксан в последнем тысячелетии. Деп. в ВИНТИ, № 9763-В97, М., 1997, 295 с.
9. Сейнова И.Б., Золотарев Е.А. Ледники и сели Приэльбрусья. (Эволюция оледенения и селевой активности). М., “Научный мир”, 2001, 204 с.

## SUMMARY

Glacial lakes in the Adyl-Su valley (Central Caucasus) are being studied from the middle of the 20th century. A lake was formed in the end of 1930s in the dead ice of a separated right branch of Bashkara Glacier. Recorded outbursts of Lake Bashkara in 1958, 1959 and 1960 formed powerful mudflows. In the late 1980s, as Bashkara Glacier retreated, a group of morainic lakes has formed by its lower edge. The lakes actively grow and increase in volume each year. However, they have not yet been mapped, and their existence and danger of an outburst are not known to the people in the danger zone. To study dynamics of these lakes, we have conducted a tacheometric survey of their coastline, photography, depth measurements, phototheodolite and digital



camera surveys, and an analysis of aerial and satellite images of various dates. The depth of the two new lakes in 2000–2001 reached 7.7 and 9.0 m, and their total water volume is estimated as  $61 \times 10^3 \text{ m}^3$ . Intensive thermokarst processes thin the dead ice in the bottom and banks of the lakes. As a result, a destructive mudflow of great power may occur on the Adyl-Su River. It is possible that some of Lake Bashkara waters would

take part in a mudflow process. According to our measurements, Lake Bashkara is at least 31 m deep. The danger area includes camping places, buildings of mountaineering camps, and a motor-road bridge. As glaciers in the region continue to degrade and the probability of mudflows grows, it is possible to prepare in advance for a detailed study of the mudflow formation process caused by a glacial lake outburst.