

УДК 551.311.21

## **ИЗМЕНЕНИЕ СЕЛЕВОЙ АКТИВНОСТИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧЕРЕК-БЕЗЕНГИЙСКИЙ В СВЯЗИ С ИНТЕНСИВНОЙ ДЕГРАДАЦИЕЙ ОЛЕДЕНЕНИЯ**

© Керимов А.М., Гегиев К.А., Анаев М.Т., Гергокова З.Ж.

*Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик, Россия*

*Интенсивная деградация оледенения способствует активизации таких склоновых процессов, как сели, оползни, обвалы. Оценка современной деградации оледенения бассейна реки Черек-Безенгийский проведена по состоянию ледников Безенги и Мижирги, начиная с конца XIX в. Дана оценка скорости отступления указанных ледников с конца XX в. по настоящее время. Указана зависимость скорости отступления от абсолютной высоты концов ледников и их экспозиции. Показано, что реакции разных типов ледников различных регионов Центрального Кавказа на потепление климата совпадают. Процесс деградации способствует увеличению селевой активности, поскольку при отступании ледников увеличивается площадь распространения незакрепленного рыхлообломочного материала.*

**Ключевые слова:** *долинные ледники, ледник Безенги, ледник Мижирги, деградация оледенения, скорость отступления ледников, селевые потоки.*

**Цель работы:** оценить динамику языковых частей ледников Безенги и Мижирги с начала XXI в. Показать реакцию различных типов ледников в разных регионах Центрального Кавказа на глобальное потепление и в связи с этим изменение селевой активности.

**Методика исследований.** Методика полевых исследований основывалась на «Руководстве по наблюдениям на горных ледниках» РД 52.25.315-92 [8]. Выполнены тахеометрические съемки языковых частей ледников с координатной привязкой с помощью GPS-приемника.

**Краткий анализ изученности рассматриваемых ледников.** Исследование ледников бассейна Черек-Безенгийский начато с середины XIX столетия, однако инструментальные наблюдения за ними почти не производились до середины XX столетия, когда был выполнен большой комплекс различных гляциологических работ совместной экспедиции Северо-Кавказского управления гляциометеорологической службы и Отделом гляциологии Института географии РАН. Современное оледенение в бассейне имеется на Главном, Боковом хребтах и их отрогах. Площадь оледенения бассейна реки Черек-Безенгийский равна  $76,33 \text{ км}^2$ , а число ледников – 85. Общий объем льда в ледниках бассейна составляет  $7,66 \text{ км}^3$  при средней толщине льда 100 м. Ледники лежат в интервале высот от 2080 до 5200 м.

Средняя высота фирновой линии в бассейне – 3350 м. Высота изменяется с юга на север от 3260 м в истоках до 3570 м в бассейне р. Думала, при наибольших высотах у висячих ледников и наименьших у сложных долинных. Колебания высоты фирновой линии от года к году весьма значительные и достигают у сложных долинных ледников 200-250 м от средней многолетней в обе стороны. Крупнейшим ледником бассейна является сложный долинный ледник Безенги, крупнейший на Кавказе. Площадь его равна  $36,2 \text{ км}^2$ , а наибольшая длина – 17,6 км. Образуется он в результате слияния двух основных ветвей – Восточной и Западной. Основной является Восточная ветвь. Другими значительными ледниками бассейна являются сложные долинные ледники Мижирги и Уллуаузна. В общем на эти три ледника приходится 68,3% площади оледенения всего бассейна. Площадь Мижирги –  $9,9 \text{ км}^2$  и Уллуаузна –  $6 \text{ км}^2$ , их наибольшие длины – 8,8 км и 7 км соответственно [7].

Продолжительность периода аккумуляции на ледниках бассейна изменяется в широких пределах: от 150 дней на концах языков до 365 дней на высотах более 4500 м. Основными источниками питания ледников являются твердые атмосферные осадки, метелевый перенос и лавины. Общее количество твердых атмосферных осадков на ледниках 600-1000 мм, что составляет 48-100% общей величины питания ледников. На питание за счет метелевого переноса и лавин приходится 29-48%. Сложные долинные и некоторые кароводолинные ледники имеют дополнительное питание за счет обвалов льда висячих ледников.

Продолжительность периода таяния изменяется от 100-220 дней на языках ледников до всего нескольких дней в области питания. В широком диапазоне изменяются и величины таяния по высотным зонам, составляя 6-8 м на высотах около 2100 м до 0,1 м на высоте 4200 м. Средний многолетний баланс большинства ледников бассейна отрицательный, только у некоторых висячих ледников он нулевой или положительный. Для ледника Безенги сальдо баланса равно 1,2 м. Для того чтобы при современных климатических условиях баланс этого ледника стал нулевым, части языка ледника необходимо растаять до высоты 2730 м.

Одновременно с уменьшением площади и объема ледников происходит их отступление. Определить величину отступления проще, чем изменение площади, поэтому сведения о нем имеются для многих ледников, не только за весь рассматриваемый период, но и за отдельные годы (табл.1) [6].

Согласно данным [2] ледник Безенги с 1998 г. по 2003 г. отступил значительно. Среднее отступление фронта – 91 м с ежегодной скоростью отступления 18,2 м. Период с 1998 г. по 2001 г. был очень неблагоприятным для ледников Кавказа, а для ледника Гарабаши (Эльбрус) составлял 104 см в эквивалента ежегодно.

Конец языка близок к стационарному состоянию. За год среднее отступление 2-3 м. Ледник Мижирги с 1998 по 2003 г. продолжал медленно наступать и за этот период продвинулся на 20 м, т.е. около 4 м/год [2]. К 2004 г. скорость его наступания замедлилась и составляла в среднем около 2,4 м. Язык ледника стабилизируется.

Таблица 1

Средняя годовая скорость колебания ледников, м/год [2]

Название ледника	Морфологический тип	Период	
		1888/1900-1970 гг.	1970-2000 гг.
Безенги	Сложно-долинный	-14,7	-2,9
Мижирги	Сложно-долинный	-8,8	+3,1

В настоящее время проводится и космический мониторинг ледников, который предполагает оперативное получение и обработку данных дистанционного зондирования. Основным источником информации является японская аппаратура дистанционного зондирования ASTER, установленная на борту американского спутника «Терра» [5, 7].

Снимками ASTER обеспечена большая часть территории Северного Кавказа. Разрешающая способность снимков составляет 15 м и они геометрически корректны. Такие снимки имеются и для рассматриваемых ледников. Но части горных ледников покрытые сплошным моренным чехлом дешифрируются сложнее. С другой стороны для оценки колебания языковых частей ледников точность в 15 м не всегда достаточна. В таких случаях требуется привлечение дополнительных данных наземных наблюдений.

### **Исследование изменения языковых частей Ледников Безенги и Мижирги за 2003-2013 гг.**

В 2003-2004 гг. Кубанский государственный университет и Северо-Кавказское межрегиональное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды провели совместную экспедицию в район оледенения исследуемых ледников, в которых принимал участие один из авторов данной статьи А.М. Керимов. В 2011-2013 гг. в исследуемом районе проведены экспедиции, с тахеометрическими съемками языковых частей ледников Безенги и Мижирги и выполнены работы по координатной привязке с помощью GPS-приемника. Проведены фото- и визуальные обследования ледников Безенги и Мижирги [4].

### **Ледник Мижирги**

По сравнению с состоянием в 2003 г. язык ледника Мижирги в 2011 г. отстывает. Если в 2003 г. ледник наступал со скоростью около 4 м/год, о чем свидетельствовала фронтальная морена, находящаяся на языке ледника, в 2011 г. язык ледника практически отступил по всему фронту от фронтальной морены. Что касается тыловой части цирка ледника, то особых изменений в морфологии его поверхности не обнаружено. Ледник Мижирги представляет большой интерес, так как он является одним из двух пульсирующих ледников нашей республики. Тыловая часть цирка ледника Мижирги является зоной его активизации. Висячие ледники и лавины со склонов одного из пятидесятичников Кавказа – г. Коштан-тау (5152 м) питают зону активизации ледника. Тыловая часть Мижирги сильно напоминает цирк ледника Колка. На расстоянии около 1 км от языка ледника Мижирги расположен альпинистский лагерь «Безенги», а на расстоянии около 18 км расположено с. Безенги Черекского района КБР. В связи с изложенным необходимо вести систематические наблюдения за этим ледником.

С истечением гидрологического года в сентябре 2012 г. была проведена экспедиция в исследуемый район, целью которой было проведение тахеометрических, фото- и визуальных обследований языковых частей ледников Безенги и Мижирги для последующей оценки колебания языков этих ледников с 2011 г.

Полученная тахеометрическая съемка ледника Мижирги характеризует его состояние на середину сентября 2012 г. По сравнению с состоянием языка ледника Мижирги в 2011 г., в 2012 язык ледника отступил по всему фронту.

В августе 2003 г. язык ледника Мижирги обрывается более круто. По всему фронту просматривается вал фронтальной морены. Это признак наступающего ледника.

Как фотоматериал, так и тахеометрическая съемка языка ледника за 2011 и 2012 гг. показывают отступление ледника. Разные части языка отступают с разной скоростью. Левая и правая части (более тонкие) отступают сильнее, чем центральная часть – язык принимает дугообразную форму (рис. 1, 2).



Рис. 1. Панорама языка ледника Мижирги  
08.2003 г.  
(фото Керимова А.М.)

Рис. 2. Панорама языка ледника Мижирги  
15.09.2012г. (фото Керимова А.М.)

Измерения показали что, ледник Мижирги за период наблюдений с 2011 по 2013 гг. отступил в среднем на 12 м по всему фронту. Что касается тыловой части цирка ледника, особых изменений в морфологии поверхности не наблюдается.

### **Ледник Безенги**

Тахеометрические съемки на леднике Безенги, как и на Мижирги, велись в 2011-2013 гг. осенью. Работы на языке ледника Безенги оказались сложнее. Язык ледника развалился. На верхней части языка в связи с этим образовались полки различной высоты. Постоянно наблюдались камнепады и ледопады, вследствие чего близко подходить к нижней границе было опасно. (рис. 3)

По сравнению с началом августа 2003 г. язык достаточно отступал примерно по 10-12 м в год. Толщина языка в некоторых местах также уменьшилась в 1,5-2 раза. По сравнению с серединой августа 2011 г., язык ледника к 2013 г. отступал на 7-15 м ежегодно. Сечение языковой части ледника Безенги уменьшается. Такое изменение морфологии ледника может оказывать влияние на его режим, в частности, на скорость отступления. С 2003 г. в скорости отступления существенных изменений не наблюдается.



Рис. 3. Язык ледника Безенги и микро-сели, сошедшие с левого борта боковой морены

В разных частях языка деградация идет с разной скоростью. Но наиболее заметно изменение фронтальной части – на 100 и более метров вглубь ледника. Идет заметное утоньшение языковой части ледника. Такая деградация самого крупного ледника Кавказа (площадь 36,6 км<sup>2</sup>) объясняется тем, что его язык выходит в долину на абсолютную высоту до 2130 м. Этот ледник при продолжительных высоких летних температурах последнего времени особенно интенсивно подвержен деградации. Средняя часть ледника Безенги - это типичный ледник Туркестанского типа, для которого одним из основных источников питания являются снежные лавины и обвалы льда с виссячих ледников. На рис. 4 показан характер деградации языковой части ледника Безенги за последние 60 лет [1].

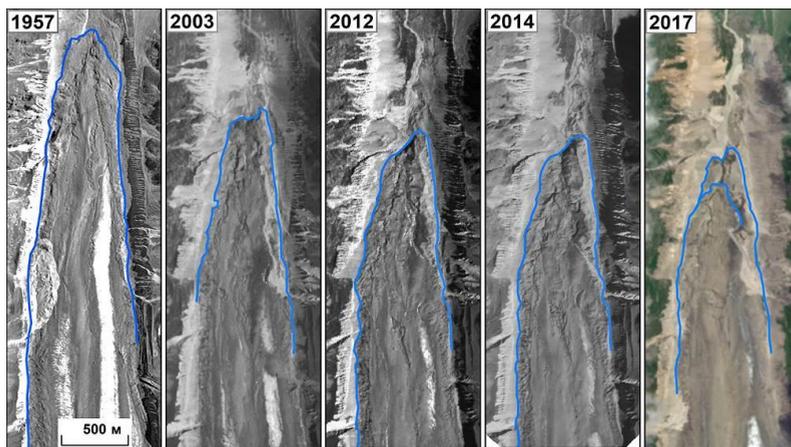


Рис. 4. Динамика языка ледника Безенги за последние 60 лет (рисунок предоставлен М.Д. Докукиным)

#### Выводы:

1. Сложно-долинный ледник Безенги продолжает отступать. Если на рубеже XX и XXI веков скорость отступления достигала 18 м/год (1998-2003 гг.), то к 2004 г. скорость его отступления несколько замедлилась. За год среднее отступление составило 2-3 м. Скорость отступления ледника в 2011-2013 гг. вновь возросла, достигнув в среднем 8-10 м/год, в некоторых местах достигая до 30 м и более. Верхняя часть ледника отступает быстрее и разваливается.

2. Реакции на потепление климата в конце XX в. самого крупного ледника Кавказа – Безенги и ледника Эльбруса – Гарабаши совпадают. Для ледника Гарабаши период с 1998 г. по 2001 г. отмечен самым высоким отрицательным балансом [3]. Ледник Безенги в эти годы отступал со скоростью около 18 м/г. Начиная с 2004 г. по 2006 г. наступает некоторая стабилизация обоих ледников. Начавшееся усиление таяния ледника Гарабаши в 2010-2012 гг. совпадает с увеличением скорости отступления ледника Безенги. Этот факт ещё раз подтверждает правильность выбора ледника Гарабаши как эталонного для Центрального Кавказа.

3. С начала 70-х годов прошлого века до начала XXI в. ледник Мижирги находился в активной стадии наступания – 3-4 м/год. Вероятно, это объясняется тем, что он относится к пульсирующим ледникам, и некоторый накопившийся положительный баланс способствовал его наступанию. Наблюдения 2011-2013 гг. показывают отступление Мижирги со скоростью 4-6 м/год, и ледник перешёл на неблагоприятный период существования.

4. Выявленное увеличение площади распространения незакрепленного рыхлообломочного материала при отступании ледников исследуемого района способствуют активизации селевых процессов.

### Литература

1. Гляциологический словарь / Под редакцией *В.М. Котлякова*. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 528 с.
2. *Ефремов Ю.В., Панов В.Д., Лурье П.М., Ильичев Ю.Г., Панова С.В., Лутков Д.А.* Орография, оледенение, климат Большого Кавказа. Опыт комплексной характеристики и взаимосвязей. Краснодар, 2007. 338 с.
3. *Керимов А.М., Носенко Г.А., Рототаева О.В., Лаврентьев И.И., Кутузов С.С.* Масс-балансовые и геохимические исследования в районе оледенения Эльбруса за последние 30 лет // *Материалы Международного симпозиума. Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели*. Т. 2. Нальчик, 2013. С. 146-152.
4. *Керимов А.М., Хутуев А.М.* Динамика языковых частей долинных ледников Безенги и Мижирги с конца XX века // *Известия КБНЦ РАН*, 2014. №4(60). С. 29-34
5. *Котляков В.М., Носенко Г.А.* О международном проекте «Глобальный мониторинг ледников из космоса» и Московском региональном центре обработки данных // *МГИ*, Вып.91. 2001. С. 121-124.
6. *Панов В.Д.* Режим и эволюция современного оледенения бассейна р. Черек Безенгийский. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 135 с.
7. *Рототаева О.В., Носенко Г.А., Керимов А.М.* Опыт использования снимков ASTER для определения состояния ледников Северного Кавказа// *Материалы Всероссийского совещания-семинара «Проблемы изучения ледников на Северном Кавказе»*, КБР. Безенги, 2005. С. 25-28.
8. *Руководство по наблюдениям на горных ледниках. Руководящий док. РД 52.25.315-92*. СПб.: Гидрометеиздат, 1994. 132 с.