

УДК 551.324.63

ЛЕДНИКОВЫЙ БАЛАНС КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССИИ В ГЛОБАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ

^{1,2}Онищенко В.В., ^{1,2}Дега Н.С., ^{1,2}Тохчуков Ш.Ю.

¹ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет
имени У.Д. Алиева», Карачаевск, e-mail: kcsu@mail.ru;

²Карачаево-Черкесское региональное отделение Русского географического общества,
Карачаевск, e-mail: ovv333@mail.ru

Общеизвестным фактором является отступление ледников. Среди районов Большого Кавказа по размерам оледенения Карачаево-Черкессия занимает второе место после Центрального Кавказа. Ледники дают питание истокам реки Кубани и ее левым притокам, в основном расположенным в Карачаево-Черкесской Республике. Оледенение на территории КЧР, по состоянию на 2015 г. составило 151,90 км², что на 19% меньше площади в 2000 году. Имеющиеся данные о ледниковых геосистемах Карачаево-Черкесской Республики, их динамике и зависимости от тенденций эволюции современного оледенения, с учетом изменения климатических условий, позволяют сделать предварительный прогноз дальнейшего развития нивально-гляциальных комплексов. Из-за увеличения температуры воздуха в зимний период, жидких осадков в летне-осенний период до 2030 года повсеместно будет происходить сокращение площади оледенения в республике. Несмотря на повышение интенсивности таяния ледников и увеличение выпадающих осадков, поверхностный сток воды в реках КЧР снижается, указывая на существование причин антропогенного характера.

Ключевые слова: ледники, оледенение, глобальный климат, осадки, снеговая линия, воздушная циркуляция, концевые участки ледников, линейное сокращение, отступление языков, динамика, палеоклиматический прогноз

GLACIAL BALANCE OF KARACHAY-CHEKKESSIA IN GLOBAL AND REGIONAL NATURAL AND ANTHROPOGENOUS TRANSFORMATIONS

^{1,2}Onischenko V.V., ^{1,2}Dega N.S., ^{1,2}Tokhchukov Sh.Yu.

¹Karachay-Cherkess State University of name U.D. Aliiev, Karachaeensk, e-mail: kcsu@mail.ru;

²Karachay-Cherkess regional office of the Russian geographical society,
Karachaeensk, e-mail: ovv333@mail.ru

Well-known factor is the otstupaniye of glaciers. Among regions of Greater Caucasus by the freezing sizes Karachay-Cherkessia takes the second place after Central Caucasus Mountains. Glaciers give food to the sources of the Kuban River and its left inflows which are generally located in the Karachay-Cherkess Republic. A freezing in the territory Karachay-Cherkess Republic, as of 2015 I have made 151,90 km² that is 19% less to 2000 squares to year. The available data on glacial geosystems of the Karachay-Cherkess Republic, their dynamics and dependence on tendencies of evolution of a modern freezing, taking into account change of climatic conditions, allow to make the preliminary forecast of further development the nivalno-glyatsialnykh of complexes. Because of increase in air temperature during the winter period, liquid rainfall during the aestivo-autumnal period, till 2030, there will be everywhere a reduction of the area of a freezing in the republic. Despite increase of intensity of thawing of glaciers and increase in the dropping-out rainfall, a superficial drain of water in the rivers of the Karachay-Cherkess Republic decreases, pointing to existence of the reasons of anthropogenous character.

Keywords: glaciers, freezing, global climate, rainfall, snow line, air circulation, trailer sites of glaciers, linear reduction, otstupaniye of languages, loudspeaker, paleoklimaticheskyy forecast

В широких научных и общественных кругах высказываются опасения, что отступающие ледники, некогда покрывавшие большие пространства горных территорий, не вернутся, оставаясь в воспоминаниях далекого прошлого. Этому способствуют нестабильный климат и погодные аномалии, которые создают иллюзию межледникового периода. Большинство ученых говорят о продолжении глобального потепления, мнение других сводится к неизбежности наступления ледникового периода. Тем не менее в любом климатическом сценарии человечество окажется на грани выживания.

Актуальность настоящих исследований продиктована стремлением к пониманию возможных воздействий глобальных и региональных климатических изменений на криосферу горной системы. При этом основными ограничивающими факторами являются: отсутствие детальной и полной базы данных по горным склонам и хребтам; недостаточное понимание многих процессов горной метеорологии и высотной зональности в климатических изменениях; недостаточный уровень представления горной территории в построении моделей для этих сложных систем [8].

Цель исследования – оценка деградации современного оледенения Карачаево-Черкесии в условиях потепления климата.

Материалы и методы исследования

Наблюдения за колебаниями ледников в Карачаево-Черкесии ведутся с середины XX века, в соответствии с «Основным положением по организации и проведению наблюдений за колебаниями ледников» [2], в которых сформулированы теоретические положения, инструктивные указания и дан анализ организационных проблем таких наблюдений в России. Исследования включали ежегодную тахеометрическую и навигационную съемку колебаний концов наиболее характерных ледников КЧР (12 ледников) и получение данных, характеризующих эти изменения, фотосъемку геоморфологических параметров. Использованы фондовые материалы Северо-Кавказского Росгидромета и ежегодные технические отчеты высокогорных экспедиций НИЛ геоэкологического мониторинга КЧГУ 2002–2015 гг.

Результаты исследований и их обсуждение

Динамика линейных показателей трансформации современного оледенения Карачаево-Черкесии и перспектива дальнейшей деградации ледников по климатическому сценарию [7, 10] рассмотрена нами за период 1967–2030 гг. (табл. 1). Представлены данные непосредственных наблюдений, выполненных исследователями в различные отрезки времени.

Для большинства ледников долинного типа отступление определено путем непосредственных промеров. Величины колебания ледников Карачаево-Черкесии (рисунок) за 1967–2015 гг. варьируют в широких пределах. На леднике Хакель (№ 173) в 2008 г. отмечалось наступание фронта языка – (+3,5 м), а в 2014 году его отступление – (–39,7 м). Колебания этого ледника имеют крайние абсолютные значения в оледенении республики за последние 15 лет. В целом по исследованным ледникам КЧР величина колебания зарегистрирована от (+1,6) м (наступление) у Северо-Каракайского (№ 110), в 2006 и 2007 гг. и (–39,3) (отступление) у Алибекского (№ 138) в 2015 году. Средние скорости отступления изменялись соответственно от 1,6 м/год ледники Гвандра (№ 241) и Большой Кичкинекол (№ 273) в период 1967–2000 гг. до 15,7 м. Хасаутский бассейн р. Б. Зеленчук, в период 2000–2015 гг. Средняя величина отступления ледников Карачаево-Черкесии, по состоянию на 2015 год равна 9,1 м/год. Эта величина изменялась в отдельные периоды.

Параметры изменения климатических условий до 2030 г. приняты по палеоклиматическому сценарию, в соответствии с которыми температура воздуха за летне-осенний период, к 2020 г. увеличится на 2,4°C, а сумма осадков за период аккумуляции на 11%; к 2050 г. эти величины соответственно возрастут на 2,0°C и 23% [1, 7]. По состоянию

Таблица 1

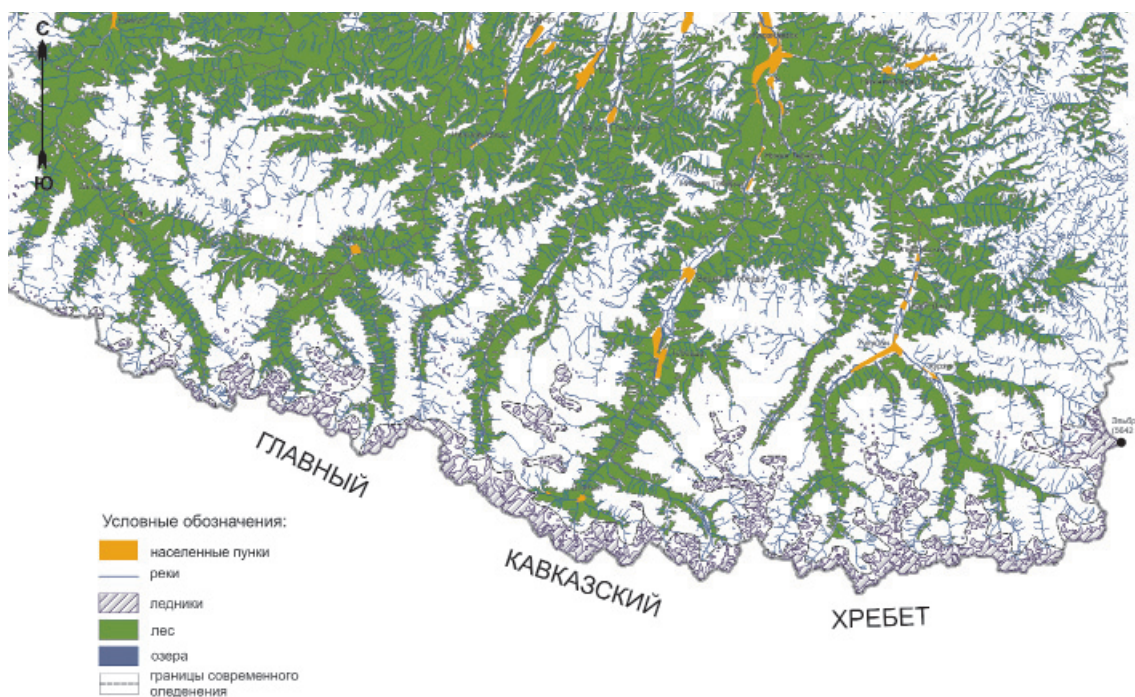
Линейное отступление отдельных ледников Карачаево-Черкесии в связи с изменением регионального климата

Название ледника, номер по каталогу	Пл. ледн., км ²	1967–2000 гг.		2000–2015 гг.		2015–2030 гг.	
		Общее, м	Среднее за год, м	Общее, м	Среднее за год, м	Общее, м	Среднее за год
Аманаузский, 59	1,6	142	4,7	168	11,2	141	9,4
Марухский, 108	3,3	168	5,6	132	8,8	111	7,4
Хасаутский, 115	3,0	60	2,0	235	15,7	198	13,2
Джаловчатский, 118	6,4	325	10,8	158	10,5	133	8,4
Алибекский, 138	5,2	70	2,4	217	14,5	182	12,3
Птыш, 152	1,9	78	2,6	78	5,2	66	4,4
Чотча, 170	0,7	63	2,1	120	8,0	101	6,7
Хакель, 173	2,5	72	2,4	130	8,7	109	7,3
Восточно-Клухорский, 177	0,4	160	5,3	170	11,3	143	9,5
Гондарай, 229	0,9	131	4,4	66	4,4	56	3,7
Гвандра, 241	2,3	47	1,6	78	5,2	66	4,4
Большой Кичкинекол, 273	2,0	48	1,6	93	6,2	78	5,2
Итого, среднее	2,5	114	3,8	137	9,1	115	7,7

Примечания:

– 1967–2015 – экспериментальные величины;

– 2015–2030 – прогнозируемые значения, согласно расчету по климатическому сценарию.



Распределение высотных зон Карачаево-Черкесии

на 2030 год, в горах Карачаево-Черкесии расчетная температура воздуха за летне-осенний период увеличится на $2,1^{\circ}\text{C}$, а сумма осадков в период аккумуляции возрастет на 9,6%. По другому сценарию изменения параметров климатических условий [6], к 2030 г. температура воздуха на северном склоне Большого Кавказа, за теплый период возрастет на $4,8^{\circ}\text{C}$, а сумма осадков – на 11%, что, по нашему мнению, несколько завышено.

Аппроксимация отступления ледников Карачаево-Черкесии приведена в табл. 1. Как следует из данных таблицы, в 2015–2030 гг. уменьшение оледенения в республике будет продолжаться и сократится за этот период на 115 м, или 25,2% от состояния в 2000 году. Следует отметить, что скорость уменьшения протяженности ледников в 2015–2030 гг. будет больше скорости, которая определена в 1967–2000 гг. и меньше, чем в 2000–2015 гг. Увеличение скорости сокращения протяженности ледников в 2000–2030 гг. определяется значительным повышением температуры воздуха в этот период на $2,1^{\circ}\text{C}$ и количества атмосферных осадков в летне-осенний период на 9,6%.

Уменьшение площади оледенения в Карачаево-Черкесии

На протяжении XX столетия, наряду с уменьшением длины (отступанием), повсеместно отмечено изменение числа ледников, снижение площади, толщины и объема их

массы [6, 10]. В начале XXI в. интенсивность этих процессов увеличилась. Наиболее значительное сокращение численности отмечено в бассейне р. Кубани – на 58 ледников.

Широкое применение тахеометрической съемки, не только концевых участков ледников, но и области питания позволяет оценить направление и темп изменения размеров как отдельных ледников [4, 5], так и ледниковых массивов.

В табл. 2 приводится динамика современного и на ближайшую перспективу оледенения в высокогорьях Карачаево-Черкесии. За 1967–2015 гг. площадь оледенения в республике уменьшилась на $54,1 \text{ км}^2$, или 26,3%, т.е. на $1,1 \text{ км}^2/\text{год}$. При этом скорость сокращения в последние 15 лет была существенно больше, чем в 1967–2000 гг. – в 4,4 раза. То есть темп сокращения оледенения в 2000–2015 гг. значительно увеличился, что позволяет сделать вывод о том, что при сокращении площади оледенения на данном этапе увеличивается скорость его таяния.

По отдельным бассейнам рек в регионе, за 1967–2015 гг. величины уменьшения площади оледенения изменялись незначительно, от 25,6% в бассейне р. Теберды до 27,3% в бассейнах рек Большая Лаба и Уллу-Кам. Такое явление объясняется некоторым различием в локально-орографических и мезоклиматических условиях существования ледников, хоть и в единой макро-орографической системе Северного склона Западного Кавказа.

Таблица 2

Расчетное сокращение оледенения Карачаево-Черкесии по этапам, за период с 1967 по 2030 гг.

Бассейн реки	1967–2000 гг.		2000–2015 гг.		2015–2030 гг.		
	Пл. ледников, км ² , по состоянию на 1967 г.	Сокращение, в среднем на 9%, км ² , по отношению к (2)	Пл. ледников, км ² , по состоянию на 2000 г.	Сокращение, в среднем на 19%, км ² , по отношению к (4)	Пл. ледников, км ² , по состоянию на 2015 г.	Сокращение, в среднем на 16%, км ² , по отношению к (6)	Пл. ледников, км ² , по состоянию на 2030 г.
1	2	3	4	5	6	7	8
Большая Лаба	6,0	0,5	5,5	1,14	4,36	0,64	3,72
Большой Зеленчук	31,1	2,6	28,5	5,51	22,99	3,68	19,31
Малый Зеленчук	26,7	2,1	24,6	4,75	19,85	3,20	16,65
Теберда	61,4	4,9	56,5	10,83	45,67	7,36	38,31
Дауг	5,6	0,5	5,1	0,95	4,15	0,64	3,51
Учкулан	21,6	1,9	19,7	3,80	15,90	2,56	13,34
Уллу-Кам	53,6	5,5	48,1	9,12	38,98	6,24	32,72
Всего	206,0	18,0	188,0	36,10	151,90	24,32	127,56

Несколько иная картина с уменьшением площади происходит у отдельных ледников. Наибольшие абсолютные величины сокращения поверхности наблюдаются у сложных и простых долинных, реже у карово-долинных. Например, площадь долинного ледника Алибекский (№ 138) за 1967–2000 гг. сократилась с 5,2 до 5,0 км², за 2000–2015 гг. до 4,78 км². В общем, за 1967–2015 гг. площадь ледника сократилась на 6,3%. Площадь небольших ледников (каровых, карово-висячих) в абсолютных значениях сократилась незначительно, однако в процентном отношении она превысила 10-процентный барьер. Например, у карового Северо-Каракайского ледника (№ 110), при незначительной скорости отступания 0,76 м/год площадь сократилась на 12,7%.

В течение рассматриваемого периода уменьшение площади ледников происходило неравномерно: в отдельные годы и даже несколько лет подряд сокращение происходило быстро, в другие – медленно. Такой характер сокращения площади оледенения объясняется в основном особенностями деградации оледенения и только частично погодными условиями [6]. Во всех случаях значительное сокращение площади ледников связано с отчленением у них отдельных потоков или распадом на части. Уменьшение площади оледенения происходит неравномерно и по высотным зонам. По средним показателям площадь

оледенения в КЧР: за 1967–2000 гг. сократилась на 9%; за 2000–2015 гг. на 19%; за 1967–2015 гг. на 26,3%.

Оледенение в первой четверти XXI столетия

Как показано ранее, площадь оледенения КЧР за последние полвека устойчиво сокращается. Причем в последние 15 лет скорость его сокращения существенно увеличилась, что связано с современными климатическими условиями и региональными особенностями трансформации ледников. Одновременно с уменьшением площади оледенения при общем увеличении выпадающих осадков происходит снижение годового расхода поверхностных вод. В связи с этим представляет большой практический интерес прогноз современного оледенения, хотя бы на краткосрочную перспективу.

Для определения возможной величины сокращения площади современного оледенения использовались не только размеры площади оледенения КЧР на конкретный период, известные на начальный период расчета (2015 г.), но и значения климатических элементов на прогнозируемый период.

В.Д. Пановым [10] установлена тесная зависимость сокращения площади современного оледенения от определенных факторов: температуры воздуха и суммы атмосферных осадков во взаимодействии с предшествующими размерами оледенения.

Расчеты изменения площади оледенения КЧР, приведенные в табл. 2, произведены по уравнению [6, 10]:

$$\Delta S' = [(2,008t - 0,0135x + 0,315S + 6,882) \times 43/77] \cdot n,$$

где $\Delta S'$ – изменение площади за расчетный период, км²; t – средняя температура воздуха за летне-осенний период на высоте фирновой линии, °С; x – сумма осадков за период аккумуляции, мм; S – средняя площадь группы ледников на исходный период аппроксимации, км²; n – число лет в расчетном периоде.

Из данных табл. 2 следует, что в 2015–2030 гг. (по палеоклиматическому сценарию изменения климатических условий) ожидается продолжение уменьшения площади оледенения Карачаево-Черкесии. Оно составит за этот период 127,56 км², сократившись в среднем на 16% от площади 2015 г., при этом скорости сокращения площадей оледенения по бассейнам рек будут изменяться от 31,6% в Уллу-Кам до 33,2% в Большом Зеленчуке.

Следует отметить, что скорость уменьшения площади оледенения в 2015–2030 гг. будет в 1,9 раза больше, чем в 1967–2000 гг., и в 1,2 раза меньше, чем в 2000–2015 гг. Абсолютная скорость таяния ледников КЧР в первом промежутке времени была 0,54, во втором – 2,4 и в третьем, прогнозируемом – 1,6 км²/год.

Одновременно с уменьшением площади оледенения произойдет повышение высоты снеговых линий и продолжительности залегания снежного покрова, уменьшится ледниковый сток [10].

Величина ледникового стока имеет тесную зависимость от размеров площади оледенения: чем меньше площадь оледенения, тем меньше ледниковый сток, и наоборот [4]. С учетом этой зависимости, по размерам площади оледенения КЧР, полученных по палеоклиматическому сценарию изменения климатических условий, определен объем ледникового стока на 2030 г., который сократится на 24%.

Характер динамики ледникового стока в условиях изменения климата установлен для горных районов Кавказа [5, 7, 10]. Полученные результаты показали, что даже незначительное изменение климатических условий во всех горно-ледниковых районах сопровождается сокращением ледникового стока. По результатам исследований отдельных авторов [6] на Большом Кавказе сокращение ледникового стока даже на 20–30% не повлияет существенно на общий речной сток, поскольку он играет подчиненную роль в общем стоке рек. Тем не менее анализ мониторинга поверхностного стока основных водных артерий Карачаево-Черкесии [3, 9] указывает на весьма существен-

ное его снижение. Причину, авторы видят в последствиях антропогенной деятельности, нарушающей водный баланс рек.

Заключение

Таким образом, трансформация современного оледенения в Карачаево-Черкесии имеет свои специфические черты, определяемые глобальным изменением климата, преобразующимся региональной хозяйственной деятельностью в гидрографической структуре верховий р. Кубани.

Оледенение на территории КЧР, по состоянию на 2015 г. составило 151,90 км², что на 19% меньше площади в 2000 году.

Средняя скорость отступления ледников КЧР за 2000–2015 гг. увеличилась на 1,9 км²/год, или в 4,4 раза.

При увеличивающейся интенсивности таяния ледников в высокогорьях республики и количества выпадающих осадков, в отличие от многих субъектов РФ, расход воды в реках существенно сокращается, что свидетельствует о нарушении эколого-географического баланса в гидрографической сети.

До 2030 года, в соответствии с палеоклиматическим сценарием изменения климатических условий, площадь оледенения в Карачаево-Черкесии сократится на 16% и составит 127,56 км², соответственно, расчетная скорость таяния ледников будет в среднем 1,6 км²/год.

Список литературы

1. Борзенкова И.И., Будыко М.И., Бютнер Э.К. Антропогенные изменения климата. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – С. 89–95.
2. Волошина А.П., Котляков В.М., Макаревич К.Г., Михалев В.И., Ходаков В.Г., Цветков Д.Г., Шумский П.А. Основные положения по организации и проведению наблюдений за колебаниями ледников // Хроника, обсуждения: материалы гляциологических исследований. – М., 1973. – Вып. 22. – С. 54–67.
3. Дега Н.С. Динамика основных компонентов ландшафта Карачаево-Черкесии в условиях меняющегося климата и хозяйственной деятельности: дис. ... канд. географ. наук. – Ростов-на-Дону, 2010. – 150 с.
4. Дюргеров М.Б. Ледниковый сток и гляциальные стихийно-разрушительные процессы // Инженерная география горных стран. – М.: Изд. МГУ, 1984. – С. 134–159.
5. Дюргеров М.Б., Поповнин В.В. Реконструкция баланса массы пространственного положения и жидкого стока ледника Джанкуат со второй половины XIX в. – М.: МГИ, 1981. – Вып. 40. – С. 73–82.
6. 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: Кубан. гос. ун-т, 2007. – 338 с.
7. Лурье П.М., Панов В.Д., Ильичев Ю.Г., Салгагаров А.Д. Снежный покров и ледники бассейна реки Кубани // Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации и их влияние на отрасли экономики России: труды Тебердинского государственного природного биосферного заповедника. – Кисловодск: Северокавказское изд. МИЛ, 2006. – Вып. 41 – 243 с.
8. Онищенко В.В., Дега Н.С. Устойчивое развитие Карачаево-Черкесии в условиях современной организации горных экосистем // Устойчивое развитие горных территорий. – Владикавказ, 2009. – Вып. 1. – С. 49–54.
9. Онищенко В.В., Дега Н.С. Экосистемный мониторинг горных районов Карачаево-Черкесии в условиях техногенного прессинга и изменения климата // Безопасность в техносфере. – М.: Изд-во «Русский журнал», 2009. – Вып. 6. – С. 14–18.
10. Панов В.Д. Эволюция современного оледенения Кавказа. – СПб.: Гидрометеоздат, 1993. – 430 с.