

**ГЕОГРАФИЯ. СЕЙСМОЛОГИЯ**

*Усубалиев Р.А., Элеманов О.И., Абылмейизова Б.У., Осмонов А.Т.*

**РЕАКЦИЯ ОЛЕДЕНЕНИЯ ЮГО-ЗАПАДНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ НА РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

*R.A. Usubaliev, O.I. Elemanov, B.U. Abylmeizova, A.T. Osmonov*

**THE REACTION OF GLACIERS OF THE SOUTH-WEST TIEN SHAN TO THE REGIONAL DISPLAY OF THE CURRENT CLIMATE CHANGE**

УДК: 551.324.86.581.(575.2)(04)

*Обследование некоторых ледников и ледниковых систем речных бассейнов Юго-Западного Тянь-Шаня за последние годы подтверждает вывод о продолжающемся устойчивом и интенсивном сокращении оледенения на фоне изменения климатических показателей. Обработка инструментальных данных позволили выявить, что в высокогорной зоне Юго-Западного Тянь-Шаня многолетняя средняя (МС Сары-Таш, Н=3,6км.) температура воздуха за 70 лет увеличилась на 1,7 °С, т.е. на 2,5°С за 100 лет, а также произошло повышение средних годовых сумм осадков на 66,2 мм.*

*Recent studies of some glaciers and glacial systems located within river basins of the South-West Tien Shan demonstrate the continued sustainable and intensive reduction of glaciers under the current climate change. Processing of instrumental data revealed that over the last 70 years, the average annual air temperature (MS Sary-Tash, H = 3,6 km.) in the glacial nival belt of the South-West Tien Shan has increased by 1.7 0 C, i.e. by 2,5 0C for the last 100 years. Besides, an increase of the average annual amount of precipitation (by 66.2 mm) was observed.*

Для населения республик Центральной Азии, с ее орошаемым земледелием, проблемы устойчивого и продолжительного водообеспечения крайне важны и исследование факторов, обуславливающих сток рек – климат и оледенение, выдвигаются на одно из первых мест при разработке мероприятий перспективного социально-экономического развития региона. Изучение особенностей современного климата и оледенения Юго-Западного Тянь-Шаня и Алайского хребта Памиро-Алая в пределах территории Кыргызстана представляет интерес не только для нашей республики, но и для сопредельных государств. Большие площади орошаемых земель Ферганской и Алайской долин испытывают дефицит воды в летний период, основной причиной которого является современное потепление климата и связанная с ним деградация оледенения, что естественно наносит урон сельскому хозяйству, тем

самым понижает экономический и социальный уровень населения данного региона. Исследование изменения климата и динамики оледенения одной из самых густонаселенной и отличающейся широким земле- и водопользованием Ферганской долины Юго-Западного Тянь-Шаня является актуальным в настоящее время.

В исследованиях по изучению динамики показателей структурных элементов климата Юго-Западного Тянь-Шаня и Алайской долины за последнее столетие были использованы статистические, математические и метеорологические, а также сравнительно-географические методы исследований. Обработаны и проанализированы данные станций с наиболее продолжительным периодом наблюдений. В исследуемом регионе станции в основном все низкогорные и только лишь одна станция, размещенная вблизи южных отрогов Алайского хребта, является высокогорной. Температурный режим любой горной страны очень сложен для анализа, поскольку, во-первых, он испытывает макро-, мезо- и макромасштабное влияние гор, во-вторых, метеорологические станции расположены в различных условиях рельефа и поэтому их данные мало сопоставимы за разные периоды года [8]. Поэтому, в таких случаях в вычислениях мы пользуемся температурным градиентом. По данным около 80 метеорологических станций Тянь-Шаня (в пределах СНГ) в интервале высот от 200 до 3600 м над у. м. в среднем он равняется – 0,7°/100 м. причем связь имеет линейный характер [7].

Для исследования колебаний приземной температуры воздуха и осадков в районе Юго-Западной части Тянь-Шаня и Алайской долины (в пределах Кыргызстана) были использованы многолетние данные среднегодовых температур воздуха и годовых сумм осадков двух метеостанций Джала-Абад (Н=1168 м, 1947-2005 гг.) и Сары-Таш (Н=3155м, 1934-2005гг.) (Табл.1.).

Таблица 1.

**Нормы годовых сумм осадков (мм) на МС Джала-Абад (59 лет) и Сары-Таш (72 лет).**

Характеристика осадков	Джалал-Абад			Сары-Таш		
	Год	Теплый период	Холодный период	Год	Теплый период	Холодный период
Среднее	513	309	204	377	234	143
Максимум	866	634	388	577	367	281
Минимум	331	144	109	211	88	46
Вариация	0,235	0,311	302	0,237	0,244	0,287

В низкогорной зоне Юго-Западной части Тянь-Шаня многолетняя среднемесячная температура самого теплого месяца составляет 26,1 °С, и самого холодного месяца -2,5 °С (Рис.1.а). Во внутригодовом распределении выпавших месячных сумм осадков четко выделяются два максимума март (79,7 мм) и ноябрь (54,3 мм),

причем весенний максимум на много выше осеннего (Рис.1.а).

В высокогорной зоне исследуемого района колебание многолетних среднемесячных температур (Рис. 1.б) составляет в диапазоне от 9,8 °С (июль) до - 16,5 °С (январь).

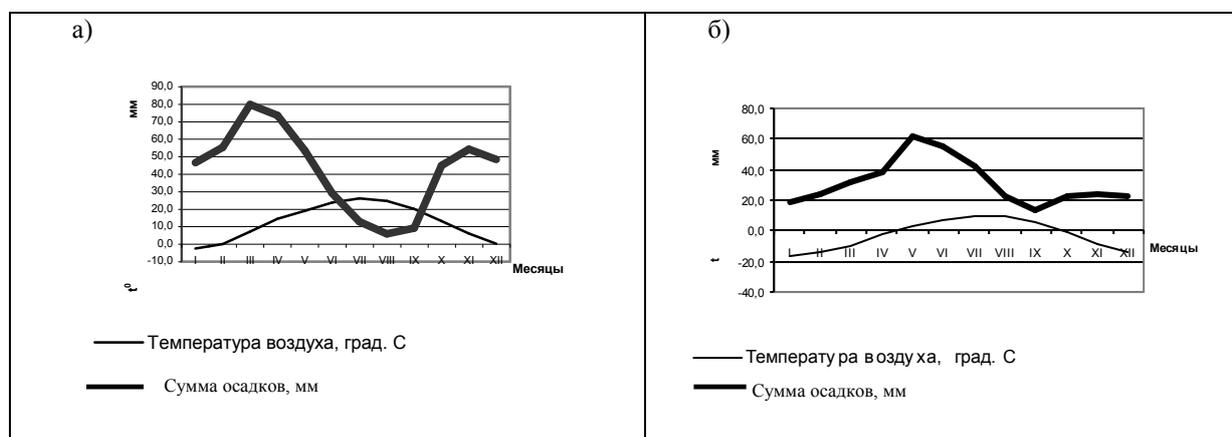


Рис.1. Средние многолетние данные а) по МС Джалал-Абад и б) по МС Сары-Таш

Во внутригодовом распределении осадков наблюдается один четкий максимум выпадения осадков (в мае месяце), причем более 60% осадков выпадает в марте-июле месяцах. В среднем в высокогорье выпадает 377 мм осадков в год и большая часть (более 60%) в теплый период года, а максимальное выпадение осадков составляет не более 577 мм в год. Для того, чтобы проследить тенденции изменения температуры воздуха и количества выпавших осадков в исследуемом

районе, построены тренды температур воздуха за различные периоды по двум станциям, данные которых занесены в таблицы 2 и 3.

В низкогорной зоне (МС Джалал-Абад, Н=1,2 км.) Юго-Западного Тянь-Шаня многолетняя средняя среднегодовая температура воздуха за 60 лет повысилась на 1,9 °С т.е. за 100 лет на 3,2 °С, а в высокогорной зоне (МС Сары-Таш, Н =3,6 км.) за 70 лет увеличилась на 1,7 °С, т.е. на 2,5 °С за 100 лет;

Таблица 2.

Тренды температур воздуха по МС Джалал-Абад и Сары-Таш за различные периоды

Станция	z, км	Тренды (°С/год) за периоды				
		30 лет 1976-2005гг.	40 лет 1966-2005гг.	50 лет 1956-2005гг.	60 лет 1946-2005гг.	70 лет 1936-2005гг.
Джалал-Абад	1,2	0,049	0,042	0,032	0,032	-
Сары-Таш	3,6	0,016	0,022	0,025	0,026	0,025

Таблица 3.

Тренды годовых сумм осадков по МС Джалал-Абад и Сары-Таш за различные периоды

Станция	z, км.	Тренды (мм /год) за периоды				
		30 лет 1976-2005гг.	40 лет 1966-2005гг.	50 лет 1956-2005гг.	60 лет 1946-2005гг.	70 лет 1936-2005гг.
Джалал-Абад	1,2	0,630	0,900	0,878	-0,173	
Сары-Таш	3,6	3,205	1,542	0,551	0,600	0,946

Что касается осадков, то наблюдается следующая картина. В низкогорной зоне за 60 лет произошло понижение многолетних средних годовых сумм осадков на 10,4 мм, а в высокогорной зоне, наоборот, за 70 лет произошло повышение средних годовых сумм осадков на 66,2 мм.

При сравнении тенденций изменения температурных показателей Юго-Западного Тянь-Шаня с Внутренним Тянь-Шанем, где в среднегорной

зоне Внутреннего Тянь-Шаня за 105 лет многолетняя средняя среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,05 °С (МС Нарын Н=2,04 км.), а в высокогорной зоне за 56 лет на 0,63 °С (МС Тянь-Шань Н= 3,61км.) оказалось, что в высокогорьях Юго-Западного Тянь-Шаня повышение температуры воздуха происходило более интенсивно. Что же касается осадков, то наблю-

дается совершенно противоположные тенденции изменения сумм осадков:

Во-первых, если в высокогорной зоне Юго-Западного Тянь-Шаня наблюдалось увеличение сумм осадков, то в высокогорной зоне Внутреннего Тянь-Шаня наоборот, произошло понижение многолетних годовых сумм осадков за 56 лет на 24,5 мм (МС Тянь-Шань).

Во-вторых, если за последние 105 лет в среднегорной зоне Внутреннего Тянь-Шаня происходило повышение многолетних средних годовых сумм осадков на 35,4 мм. (МС Нарын), то в низкогорной зоне Юго-Западного Тянь-Шаня наблюдалось их понижение.

Были рассчитаны тренды за теплые и холодные периоды сумм осадков и средних температур воздуха по вышесказанным метеостанциям, чтобы проследить динамику изменения климатических показателей в разные сезоны года за весь период наблюдений (60-70 лет). В итоге выявлено, что в высокогорной зоне изменение сумм осадков и средних температур воздуха за холодный период года идет интенсивнее, чем за летний период года. В низкогорной зоне также, в холодный период года положительный тренд температуры воздуха значительнее, чем за теплый период года. Так тренд за холодный период составляет 0,051, а за теплый период 0,022. Отрицательный тренд сумм осадков происходит за счет теплого периода.

Таким образом, для оротографически сложной территории Юго-Западного Тянь-Шаня по данным инструментальных наблюдений отмечено повышение среднегодовой температуры воздуха в прошлом столетии, причем за счет потепления холодного периода года. Из выделенных [8] четырех климатических областей в юго-западном Кыргызстане (ЮЗК) отмечено потепление на 2,5-3,2°C в пересчете на 100 лет значительно более высокое, чем для всей территории Кыргызстана, которая в XX веке возросла на 1,6°C, что значительно выше глобального [2].

Как было уже отмечено, Юго-Западный Тянь-Шань отличается повышенным увлажнением большей части гляциально-нивального пояса, но из-за смещения времени максимума выпадения осадков на зимне-весенние месяцы и относительно низких высот хребтов, оледенение здесь развито не значительно по сравнению с другими регионами Тянь-Шаня. В целом физико-географические условия неблагоприятны для развития и существования здесь мощного оледенения, что проявляется в его общем масштабе и размерах отдельных ледников.

Юго-Западный Тянь-Шань представлен бассейнами рек Чаткал, Карадарья, реками Кара-суу (левая и правая) – притоки нижнего течения р. Нарына, а также реками Падыша-Ата и Касан-Сай, являющимися правыми притоками р. Сыр-

Дарья. Во всех этих речных системах в большей или меньшей степени присутствует очаги современного оледенения. По данным каталогов [6], составленных в 1970 годах на основе аэрофотоснимков съемки 1957-1959 г.г. насчитывается 614 ледников, занимающих площадь 179,9 км<sup>2</sup>, включая ледниковые системы бассейна р. Кара-Суу (левая), где находятся 17 ледников общей площадью 4,4 км<sup>2</sup> [5]. Крупные ледники практически отсутствуют, только у одного ледника площадь более чем 3,0 км<sup>2</sup> – ледник Каракол-3 (S=3,3 км<sup>2</sup>) в бассейне р. Кара-Кульджа. Средний размер ледника региона небольшой и составляет 0,29 км<sup>2</sup>. При площади около 20 тыс. км<sup>2</sup>, льдом и фирном покрыто всего 0,9% территории региона.

Хребты Юго-Западного Тянь-Шаня отличаются неоднородностью в гипсометрическом отношении, в результате чего по отдельным хребтам региона ледники распределены крайне неравномерно. Процентное соотношение количества ледников и площади оледенения по хребтам распределены следующим образом, соответственно: Ферганском (36,9% и 43,4%), Алайском (32,8% и 22,2%), Чаткальском (15,7% и 18,0%), Пскемском (8,6% и 10,5%). На остальные три хребта (Чандалашскому, Таласскому Ала-Тоо и Ат-Ойнокскому) приходится всего 6,0% и 5,9%.

Современное оледенение приурочено к самым верхним зонам хребтов. В бассейне р. Чаткал большинство ледников лежат выше 3300 м. Наиболее низко ледники опускаются на северо-западном склоне Чаткальского хребта (3270 м). Наиболее высоко ледники лежат на высоте 3830 м (юго-восточный склон Пскемского хребта). Вертикальный диапазон оледенения бассейна р. Чаткал составляет 1086 м.

В бассейнах рек Касан-Сай, Падыша-Ата и Кара-Суу (правая), в целом, средняя нижняя граница ледников располагается на высоте 3550 м, средняя верхняя граница – 3821 м. Средний диапазон оледенения трех речных бассейнов составляет 723 м.

Бассейн р. Кара-Дарья. Наиболее низко опускаются ледники в бассейне р. Кара-Ункюр – 3150 м. Наиболее высокое положение ледников отмечаются в бассейнах рек Алайкуу и Тар (4800 м). Таким образом, оледенение бассейна р. Кара-Дарья располагается в довольно значительном интервале высот – от 3150 до 4800 м, составляя диапазон оледенения 1650 м.

Относительно высокий диапазон оледенения в бассейнах рек Чаткал и Кара-Дарья обусловлены, прежде всего, значительной расчлененностью горных хребтов, геоморфологией гляциально-нивалных зон, экспозицией склонов и ориентацией ледниковых бассейнов.

Вертикальная протяженность ледников региона составляет от менее 250 м до 1000 м. Преобладают ледники протяженностью от 250 до

500м. Заметно меньше представлены ледники с вертикальной протяженностью до 250 м и от 500 до 750 м. Ледники, которые имеют протяженность от 750 до 1000 м сосредоточены только в двух речных бассейнах – Кара-Кульджи и Тара [1].

Орографические и климатические особенности региона заметно влияют на ориентацию ледников. Ледники, главным образом, приурочены к склонам северных экспозиций (в порядке 45%), а оледенение на южных склонах совсем незначительно (в пределах 2%). Относительно высокая доля площади оледенения, приуроченного к экспозициям северо-западного (21,0%) и северо-

восточного (15,0%) направления. Ледники восточной ориентации составляют 6,3% и 11,5% приходится южному, западному и юго-западному румбам.

Наблюдаются крайне неравномерное распределение ледников, как по крупным речным системам региона, так и по самостоятельным речным бассейнам отдельных хребтов, что характерно как морфологии и морфометрии ледников. Поскольку, основная масса ледников характеризуются общими условиями режима существования, то все морфологические типы ледников целесообразно объединить [3] на ледники долин, склонов и плоских вершин (Табл. 4).

Таблица 4

**Распределение площади (F, км<sup>2</sup>), число ледников (К) по группам типов для речных бассейнов Юго-Западного Тянь-Шаня.**

Речной бассейн	Показатели	Ледники долин	% от общего	Ледники склонов	% от общего	Всего
Чаткал	К	28	23,5	91	76,5	119
	F	23,4	45,9	27,6	54,1	51,0
Касан-Сай, Падыша-Ата и Кара-Суу (правая)	К	4	12,5	28	87,5	32
	F	1,5	17,0	7,3	83,0	8,8
Кара-Дарья	К	67	22,7	228	77,3	295
	F	54,0	49,8	54,4	50,2	108,4
В целом	К	99	22,2	347	77,8	446
	F	78,9	46,9	89,3	53,1	168,2

В бассейне р.Кара-Суу (левая) имеются 17 ледников общей площадью 4,4 км<sup>2</sup>[5]. Все они, почти, относятся к ледникам склонов, только один ледник карово-долинный.

В целом, основу оледенения Юго-Западного Тянь-Шаня составляют ледники склонов. Так, площадь оледенения склоновых ледников на три с лишним процента больше и почти ¾ количество ледников во всех самостоятельных речных бассейнах приходится на них.

В бассейнах рек Чаткала и Кара-Дарьи площади оледенения ледников долин и склонов, примерно, одинаковы, а в бассейнах рек Касан-Сай, Падыша-Ата и Кара-Суу (правая) на ледники склонов приходится больше 80%.

Более низкие высотные отметки хребтов предопределили здесь развитие ледников небольших размеров, преимущественно карового типа и его разновидности, причем, они преобладают не только по числу, но и по площади и длине. Преобладание ледников малых размеров является характерной чертой ледниковых систем Юго-Западного Тянь-Шаня.

Ледники продукт климата, поэтому колебания ледников согласуются с колебаниями климата. Сокращение оледенения, в условиях внутриконтинентального расположения горных систем северного полушария, происходит наиболее активно с середины 70-х годов XX века. В связи с продолжающимся глобальным потеплением климата характер оледенения Юго-Запад-

ного Тянь-Шаня подвергаются к сильному изменению, по сравнению с близлежащими ледниковыми районами системы гор Тянь-Шаня и Памиро-Алая. Основная причина - это чувствительная и интенсивная негативная реакция горных геосистем этого региона в связи с географическим расположением и относительно низким гипсометрическим строениям хребтов к глобальным изменениям климата. Так, несмотря на то, что высокогорная зона Юго-Западного Тянь-Шаня отличается повышенным увлажнением, а за период с 1935 по 2005 годы произошло повышение средних годовых сумм осадков на 66,2 мм, потепления приземного слоя атмосферного воздуха в высокогорной зоне за 70 лет увеличилась на 1,7 °С (ГМС "Сары-Таш"). Это намного выше по сравнению с высокогорными районами Внутреннего Тянь-Шаня, где повышение температуры воздуха происходит менее интенсивно

Визуальное обследование некоторых ледников и ледниковых систем отдельных речных бассейнов Юго-Западного Тянь-Шаня в последние годы подтверждает вывод о продолжающемся устойчивом и интенсивном сокращении оледенения в этом регионе Тянь-Шане. На большей части гляциально-нивальных зон этого района сезонная снеговая линия вышла за пределы гребня, в результате чего происходит все большее сокращение площадей льда и фирна, и в не редких случаях распад и исчезновение

отдельных ледников. Об этом можно судить и по сравнительным количественным данным Каталога ледников и карт «Современное оледенение»

масштаба 1:500 000 составленным по космическим снимкам 1981 г. (Табл. 5).

Таблица 5.

Изменения количества ледников в бассейнах рек Юго-Западного Тянь-Шаня

Бассейн реки	Ледники долин			Ледники склонов		
	1957-1959 гг.	1981 г.	Разница	1957-1959 гг.	1981 г.	Разница
Чаткал	28	33	+5	96	162	+66
Касан-Сай, Падыша-Ата и Кара-Суу (правая)	4	1	-3	58	78	+20
Кара-Дарья, в том числе Кара-Суу (левая)	68	55	-13	360	276	-84
В целом	100	89	-11	514	516	+2
Всего по:	каталогу: 614 ледник			карте М: 1:500 000: 605 ледник		

Анализ табл. 5 показывает, что общее количество ледников долин (собственно долинные и карово-долинные) в целом и в отдельных речных бассейнах региона, кроме бассейна р. Чаткала сократились.

Наоборот, число ледники склонов (каровые, висячие и их разновидности, присклоновые, склоновые, а также ледники площадью менее 0,1 км<sup>2</sup>), кроме бассейна р. Кара-Дарья стало больше. Хотя, общее количество ледников региона сократилось не значительно (на 9 ледников), за более 30 лет распались на более мелкие, или вовсе исчезли 11 ледников долин и безвозвратно потеряно более 80 ледников склонов. Наиболее интенсивной деградации подвержены, главным образом, ледниковые системы юго-западного склона Ферганского хребта, которые составляют основы оледенения бассейна р. Кара-Дарья. Сокращение общего количества ледников, естественным образом, приведет к изменению площади и объемов ледников, что в свою очередь повлияет на общий ледниковый сток и соответственно на водность рек региона. На Юго-Западном Тянь-Шане доля ледникового стока в общий сток не значителен, но его роль в летний, особенно, в засушливые годы возрастает.

В заключении отметим следующее. Вопрос о региональном прогнозе климатических условий на ближайшие десятилетия представляет сложную задачу, решение которой на основе физико-математических методов пока отсутствует. Прогнозировать трендовые тенденции путем их экстраполяции на значительные интервалы является необоснованным, так как тренды в любой момент могут изменить даже знак (скорее всего, прямые тренды есть отдельные участки немонотонных колебательных кривых) [4].

На хребтах Юго-Западного Тянь-Шаня преобладают ледники малых размеров преимущественно разновидности карового типа и представлен дисперсный характер оледенения [9]. В

высокогорной зоне наблюдаются относительно высокие темпы повышения температуры воздуха, что в настоящее время, ледниковые системы этого региона подвергаются интенсивной деградации. Здесь полностью растаяли не только отдельные ледники, но и ледниковые системы некоторых притоков отдельных речных бассейнов. В результате характер оледенения региона кардинально изменяется и постепенно переходит в очаговый характер оледенения.

#### Литература:

1. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. – М; 1997. – 392 с.
2. Глобальный климат /Под ред. Дж.Т.Хоттона / Пер. с англ. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 502 с.
3. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б., Рототаева О.В. Морфометрическая характеристика современного оледенения гор Средней Азии. //МГИ, 1972. – Вып.20. – с. 169-184.
4. Изменчивость климата Средней Азии // САНИГМИ им. В.А.Бугаева. – Ташкент, 1995. – 216 с.
5. Камалов Б.А. Современное оледенение и сток с ледников в бассейне Сыр-Дарьи. //Труды САНИГМИ, выпуск 12 (93). – М; Гидрометеиздат, 1974. – 80 с.
6. Каталог ледников СССР. Том 14, вып 1: часть 2 – 1970. – 43 с; часть 3. 1978. – 56 с; часть 8. 1979. – 78 с. – Л; Гидрометеиздат.
7. Подрезов О.А., Бакиров К.Б., Закурдаев. А.А., Маяцкая И.А. Современный климат Кыргызстана и сценарии его изменений в XXI веке. //www.krsu.edu.kg/ vestnik /2002 / v4/ a15.html.
8. Подрезов О.А., Диких А.Н., Бакиров К.Б. Изменчивость климатических условий и оледенения Тянь-Шаня за последние 100 лет. //Вестник Кыргызско-Российского Славянск. Унта. 2001. - Т. 1. - №3.- с. 33-40.
9. Ходаков В.Т. Водно-ледовый баланс районов современного и древнего оледенения СССР. – М.; Изд-во «Наука», 1978. – 192 с.

Рецензент: д.геогр.н., профессор Чодураев Т.М.