

УДК 551.524.34(574)

**ФАЗОВЫЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ
НА ЛЕДНИКЕ ТУЙЫКСУ**

Л.А. Ерисковская

Рассматриваются доли (в %) твердых, жидких, смешанных осадков за теплый период (май-сентябрь), летний период (июнь-август), за каждый месяц с мая по сентябрь, а также при каких средних температурах воздуха выпадали твердые, смешанные или жидкие атмосферные осадки на леднике Туйыксу в летнее время за период 1971...2005 гг. при различных синоптических процессах (по типизации Б.Л. Дзердзеевского).

В связи с глобальным потеплением климата на планете Земля повышается средняя температура воздуха, что вызывает увеличение абсолютной высоты снеговой линии. Одним из признаков изменения условий питания в ледниковой зоне гор служит возрастание доли смешанных осадков, выпадающих в летнее время. Однако в последнее время твердые осадки, более благоприятные для оледенения, даже в Джунгарском Алатау, расположенном севернее Заилийского Алатау, становятся реже [12]. Вместе с тем в питании ледников немалую роль играют не только твердые, смешанные, но также жидкие осадки. Это зависит от абсолютной высоты и от подстилающей поверхности, на которую они выпадают. Известно, что с увеличением высоты на 100 метров температура воздуха в летнее время в районе ледника Туйыксу (Заилийский Алатау) уменьшается на 0,7 °C [1], что позволяет с достаточно высокой точностью определить на каком температурном фоне выпадают летние осадки и при каких условиях происходит переход осадков из одного в другое фазовое состояние. Если жидкие осадки в верхних зонах ледников падают на снежную поверхность, то они поглощаются снежной толщей и прогревают ее. В практике исследований наблюдалось, что осадки, выпадавшие из теплой воздушной массы вплоть до водоразделов ледников, могли полностью смыть снег, отложенный за зимний сезон, и обнажали фирновые и ледяные поверхности. Граница питания или, иначе говоря, снеговая линия в этих случаях резко уходила вверх или вообще исчезала с обнаженной

поверхности ледника. Таким годом оказался 2006 г. В прошлом – 1978, 1984, 1991, 1997 гг. В условиях холодных вторжений влажных циклонических масс идет пополнение области аккумуляции выпадающими осадками в любом фазовом состоянии.

На языках ледников твердые осадки затормаживают таяние льда и снега, так как повышается альbedo. Жидкие осадки в области языков способствуют усилению таяния снега и льда даже в том случае, когда температура дождя лишь незначительно выше 0°C. Выпадая на ледяную поверхность, они тотчас стекают вниз. Все эти особенности влияния осадков на режим ледника важно критически оценивать и учитывать при расчетах баланса массы ледников.

Ниже предпринимается попытка показать в каком фазовом состоянии находятся атмосферные осадки при разных синоптических ситуациях в летний период, чтобы дать представление о том, как это может отразиться на балансовом состоянии ледников в годовом периоде и за более длительные отрезки времени, когда четко вырисовывается картина современной эволюции оледенения, что и сделано по данным натурных наблюдений на гляциологической станции Туйыксу Института географии МОН РК, расположенной на морене ледника на высоте 3450 м над уровнем моря.

В середине 90-х годов XX-го века смешанные осадки увеличивались, твердые уменьшались, жидкие изменялись незначительно (рис.1). В начале XXI-го века смешанные осадки начали уменьшаться, но число суток с выпадением смешанных осадков еще велико, стали возрастать твердые и в основном жидкие осадки, за счет которых и происходит увеличение общей суммы осадков в летнее время (рис.2).

При более детальном рассмотрении (табл. 1) следует, что твердые осадки преобладают в мае и сентябре. В июне твердые и смешанные осадки почти равны, в июле и августе преобладают смешанные осадки. В целом за летний период (с июня по август) наибольшая доля приходится на смешанные осадки, а за весь период (с мая по сентябрь) – на твердые.

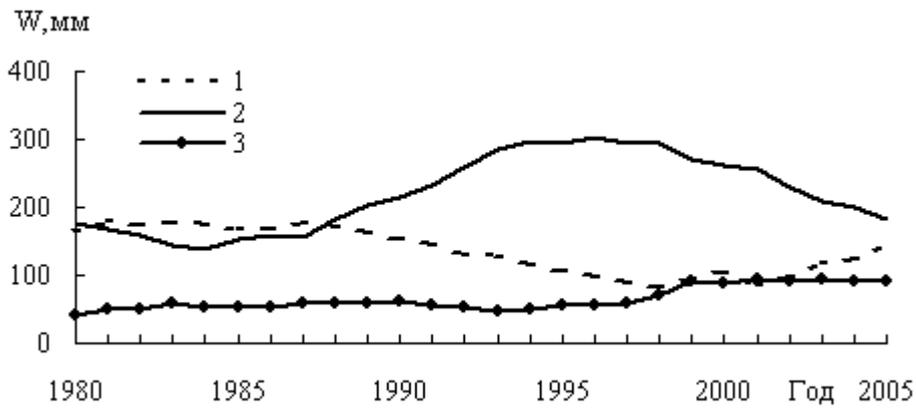


Рис.1. Изменение скользящих суммы количества осадков в мм по 10-летиям на станции Туйыксу за летний период (1971...2005 гг.). 1-твердые; 2-смешанные; 3-жидкие осадки.

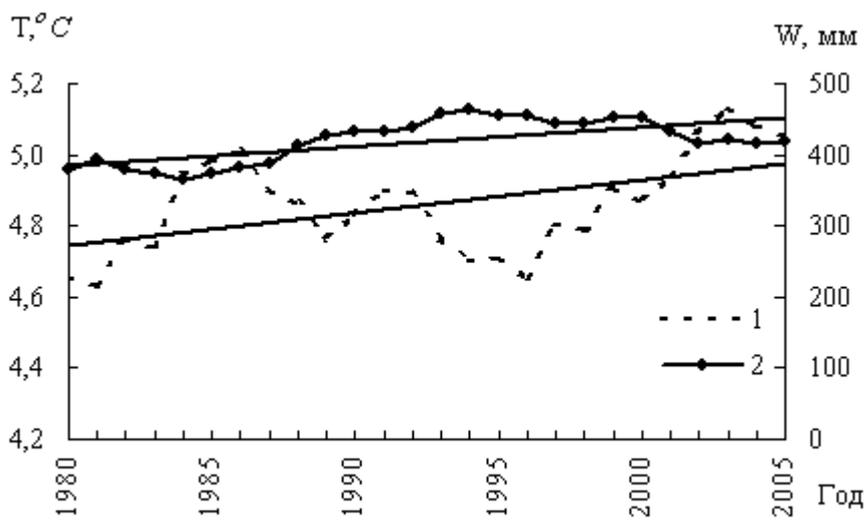


Рис.2. Изменение скользящих метеовеличин по 10-летиям за летний период на станции Туйыксу (1971...2005 гг.). 1 – температура воздуха (T °C) и ее линейный тренд; 2 – сумма осадков (W , мм) и ее линейный тренд.

Средние многолетние значения осадков (в %) на станции Туйыксу
за период 1971...2005 гг.

Май ($T=-0,4^{\circ}\text{C}$)			Июнь ($T=3,2^{\circ}\text{C}$)			Июль ($T=5,7^{\circ}\text{C}$)			Август ($T=5,6^{\circ}\text{C}$)			Сентябрь ($T=2,0^{\circ}\text{C}$)		
<i>m</i>	<i>c</i>	<i>ж</i>	<i>m</i>	<i>c</i>	<i>ж</i>	<i>m</i>	<i>c</i>	<i>ж</i>	<i>m</i>	<i>c</i>	<i>ж</i>	<i>m</i>	<i>c</i>	<i>ж</i>
75,1	21,6	3,3	49,3	41,9	8,8	26,6	53,3	20,1	25,0	53,2	21,8	72,8	22,7	4,5
Июнь-август ($T=4,8^{\circ}\text{C}$)						Май-сентябрь ($T=3,2^{\circ}\text{C}$)								
<i>m</i>		<i>c</i>		<i>ж</i>		<i>m</i>		<i>c</i>		<i>ж</i>				
33,6		49,5		16,9		49,8		38,5		11,7				

Примечание. T – средняя многолетняя температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) за исследуемый период; m – твердые; c – смешанные; $ж$ – жидкие осадки.

Для анализа роли синоптических процессов данные взяты из ряда источников [6, 8-11]. Как рассматривалось в статье [5], на леднике Туйыксу обильные осадки в основном выпадали при южном меридиональном типе (13л) атмосферных процессов по классификации Б.Л. Дзердзиевского [2, 3]. В середине XX-го века произошло резкое увеличение числа суток с выпадением осадков при элементарном циркуляционном механизме (ЭЦМ) 13л, тогда как число суток с выпадением осадков ЭЦМ 4 (северные вторжения), более благоприятных для оледенения, уменьшилось [5]. В конце XX-го века число суток с выпадением осадков при ЭЦМ 13л уменьшается, (но влияние данного типа ЭЦМ еще велико), и происходит увеличение доли других синоптических процессов – 3, 9, 12а, 12л, особенно ЭЦМ 9 (рис.3). По остальным ЭЦМ число суток с выпадением осадков либо уменьшается или остается без изменений.

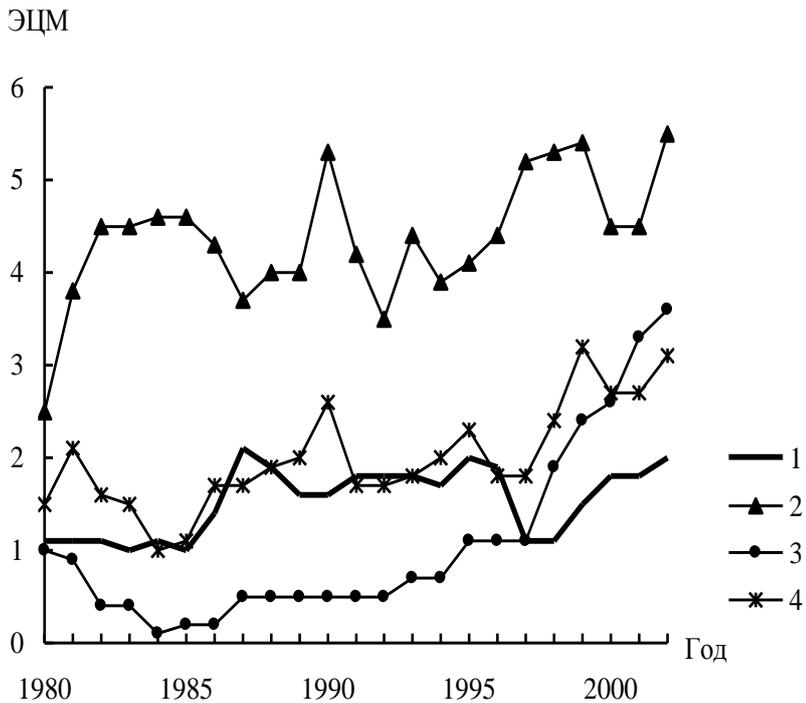


Рис.3. Изменение скользящих по 10-летиям числа суток с выпадением осадков при различных ЭЦМ в летний период на леднике Туйыксу (1971...2002 гг.). Тип ЭЦМ: 1 – 3; 2 – 9; 3 – 12а; 4 – 12л.

Типы циркуляции 3 (нарушение зональности) - 9, 12а, 12л – (меридиональные вторжения) [9], при которых часто происходит понижение средней суточной температуры воздуха за исследуемый период на леднике, что благоприятно для оледенения, но осадки при этих типах менее обильные, чем при типе 13л (табл.2). Как рассматривалось ранее в статье [4], весна становится холодней в основном из-за апреля. В апреле за исследуемый период происходит увеличение ЭЦМ 9 и 13з. Но так как в летние месяцы 13з бывает очень редко, то понижение средней суточной температуры воздуха происходит в основном при ЭЦМ 9. Дальнейшее увеличение ЭЦМ 9 благоприятно для оледенения. При рассмотрении динамики процессов видно, что в летний период при ЭЦМ 3, 9, 12а, 12л наблюдается рост смешанных и твердых осадков, при ЭЦМ 13л наблюдался рост жидких, но преобладали в основном твердые осадки, несмотря на то, что это выход южных воздушных масс на территорию Казахстана

(рис.4). ЭЦМ 13л на леднике наблюдался в основном после северных вторжений 3, 9, 12а, 12л особенно после 1996 г, когда началось некоторое уменьшение числа суток с выпадением осадков при ЭЦМ 13л [5]. Происходило выхолаживание поверхности при понижении температуры воздуха, что способствовало увеличению твердых атмосферных осадков.

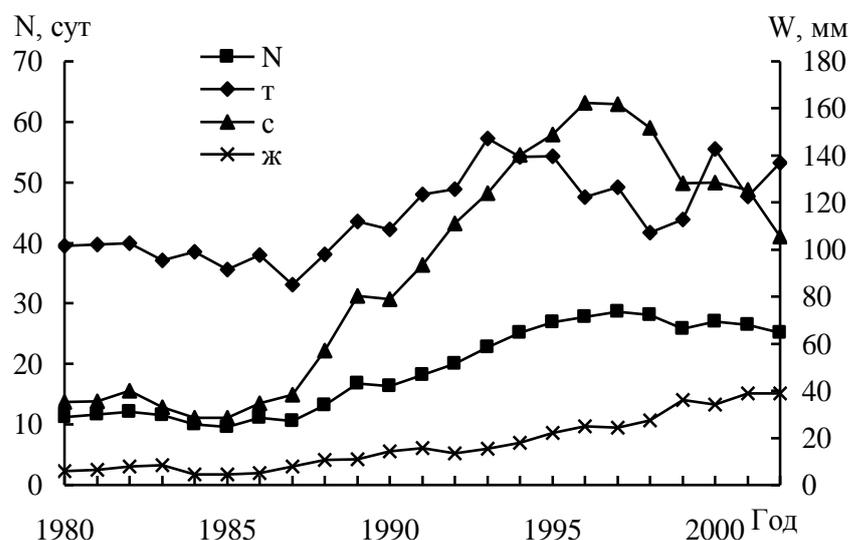


Рис.4. Изменение скользящих по 10-летиям сумм атмосферных осадков за летний период (1971...2002 г.г.) на леднике Туйыксу при ЭЦМ 13л. N- число суток с осадками; т - сумма твердых осадков; с- смешанных; ж- жидких

Таблица 2

Значения метеоэлементов при различных типах ЭЦМ за летний период (1971...2002 гг.) на леднике Туйыксу

ЭЦМ	N, сут.	Твердые осадки		Смешанные осадки		Жидкие осадки	
		W, мм	T, °C	W, мм	T, °C	W, мм	T, °C
1	3	0,2	5,9	1,3	5,3	-	-
2	160	317,1	2,3	576,3	4,2	198,8	6,6
3	52	194,1	0,9	125,2	5,3	129,1	5,9
4	179	516,4	3,2	543,4	4,1	139,4	6,6
5	14	58,0	3,8	15,9	5,9	11,7	8,3
6	58	188,0	2,2	251,2	2,8	84,1	5,5

ЭЦМ	N , сут.	Твердые осадки		Смешанные осадки		Жидкие осадки	
		W, мм	T, °C	W, мм	T, °C	W, мм	T, °C
7л	54	215,4	2,2	275,5	2,9	52,2	5,0
7з	-	-	-	-	-	-	-
8а	46	221,6	1,4	157,3	4,5	17,0	6,1
8б	31	43,8	1,8	161,7	3,9	87,4	6,5
8в	29	60,9	3,9	155,5	4,0	79,1	5,7
8г	32	77,6	0,6	73,5	3,8	21,5	5,1
9	138	379,9	2,3	552,7	4,2	170,6	6,3
10	109	272,7	2,1	537,9	3,7	69,9	5,4
11	17	36,9	-0,1	53,0	3,2	24,1	6,0
12а	53	129,7	3,4	138,7	4,1	59,6	6,1
12г	1	0,7	2,2	-	-	-	-
12л	78	202,0	2,3	385,5	3,7	93,6	6,4
12з	4	75,1	-2,8	14,3	0,7	0,2	3,5
13з	1	-	-	2,0	3,8	-	-
13л	639	1395,0	2,4	2651,0	3,5	609,0	6,3
Σ	1698	4385,1		6672		1847	
Ср.зн			2,1		3,9		5,9

Примечание. N - число суток, в которые выпадали осадки; W – сумма осадков за исследуемый период; T – средняя суточная температура воздуха при выпадении осадков; Σ- сумма.

Так как большую долю на леднике Туйыксу в летний период составляют смешанные осадки, и в последнее время происходит рост жидких осадков (рис.1), то это может оказывать влияние на увеличение стока. Однако, чтобы установить, сколько выпавших на ледник жидких осадков из смешанных уйдет в этот же день в сток, а сколько замерзнет, и как этот механизм расхода вещества с ледника будет отражаться на балансе его внешнего массообмена в ближайшем будущем, нужны дальнейшие гидрологические исследования.

В процентном отношении заметную долю осадков в летний период с понижением температуры воздуха на леднике Туйыксу с 1996 г. помимо 13л вносят ЭЦМ 3, 9, 12а,12л (табл.3). Увеличение числа суток с выпадением осадков и понижением температуры в летнее время является одним из факторов, способствующих замедлению отступания ледника Туйыксу в

конце XX-го века, так как он быстро реагирует на изменение внешних условий [7].

Таблица 3

Число суток и их доля в процентном отношении по ЭЦМ в летний период на леднике Туйыксу 1996...2002 гг.

№№ пп	ЭЦМ	N		№№ пп	ЭЦМ	N	
		сут.	%			сут.	%
1	1	-	-	12	8 г	1	0,3
2	2	2	0,6	13	9	38	11,0
3	3	17	4,9	14	10	11	3,2
4	4	2	0,6	15	11	-	-
5	5	1	0,3	16	12а	31	8,9
6	6	8	2,3	17	12г	-	-
7	7 л	4	1,2	18	12л	27	7,8
8	7 з	-	-	19	12з	-	-
9	8 а	8	2,3	20	13з	1	0,3
10	8 б	2	0,6	21	13л	185	53,4
11	8 в	8	2,3	Σ		346	100

Примечание. N – число суток ЭЦМ, при которых выпадали осадки.

Как рассматривалось выше, несмотря на увеличение северных вторжений (рис.3) на леднике Туйыксу в целом за летний период (1971...2005 гг.) средняя температура воздуха возрастала, количество осадков увеличивалось (рис.2), так как сказывалось еще влияние ЭЦМ 13л, который начал уменьшаться с 1996 г.[5], но число суток с выпадением осадков при данном типе остается еще достаточно велико.

Таким образом, синоптические процессы оказывают большое влияние на фазовый состав осадков в ледниковой зоне Заилийского Алатау. За исследуемый период при ЭЦМ 13л жидкие осадки нарастали плавно, без резких скачков, твердые в целом увеличивались, но с перепадами, смешанные росли быстрее всех и сравнивались, а иногда превышали твердые осадки. Доля твердой составляющей осадков стала меньше, но в абсолютном выражении увеличилась. Это является благоприятным фактором для оледенения, так как уменьшается таяние снега и льда. В конце XX-го века стало происходить увеличение ЭЦМ 3, 9, 12а, 12л, с преобладанием смешанных осадков, в которых большую долю составляли жидкие

осадки, что способствовало увеличению стока. В целом за летний период количество осадков возрастало и несмотря на глобальное потепление и увеличение стока, горные ледники, играющие важную роль в водном балансе аридных территорий, не будут катастрофически разрушаться.

В заключение благодарю ведущего сотрудника ИГ МОН РК Макаревича К.Г. за сделанные им замечания и рекомендации при подготовке данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. – Алматы: Қазақ университеті, 2001. – 252 с.
2. Дзердзеевский Б.Л. Проблемы колебаний общей циркуляции атмосферы и климата // Воейков и современные проблемы климатологии. – Л., 1956. – С. 109-122.
3. Дзердзеевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. - М.: Наука, 1975. –285 с.
4. Ерисковская Л.А. Климатические изменения в высокогорной зоне Заилийского Алатау на примере ледника Тууюксу // Гидрометеорология и экология.- 2003. - №3. - С.33-38.
5. Ерисковская Л.А. Метеорологическая обусловленность колебаний границы питания на леднике Тууюксу. // Гидрометеорология и экология.- 2005.- №2. – С. 79-88.
6. Кононова Н.К. Исследование многолетних колебаний циркуляции атмосферы Северного полушария и их применение в гляциологии // Материалы гляциологических исследований.– 2003.– Вып.95.–С. 45-65.
7. Макаревич К.Г. Баланс и кинематика массы ледников Тянь-Шаня на примере ледника Тууюксу // Материалы гляциологических исследований. – 2005. – Вып.98. – С. 194-200.
8. Савина С.С. Типизация элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) и аспекты ее применения //Материалы метеорологических исследований – 1987. - №13. – С. 5-17.
9. Савина С.С. Обобщенные схемы элементарных циркуляционных механизмов // Материалы метеорологических исследований. – 1987. - №13. – С. 18-29.

10. Савина С.С. Календарь последовательной смены ЭЦМ за 87-летний период (с 1899-1985 гг.) //Материалы метеорологических исследований. – 1987. - №13. – С.30-116.
11. Савина С.С., Хмелевская Л.В. Динамика атмосферных процессов Северного полушария в XX столетии //Материалы метеорологических исследований – 1984. - №9. – 146 с.
12. Черкасов П.А., Ерисковская Л.А. Фазовый состав атмосферных осадков ледниковой зоны Джунгарского Алатау в теплый период года // Материалы гляциологических исследований.– 1996.– Вып.80.–С. 154-157.

ДГП «Институт географии» Республиканское Государственное Предприятие, Центр Наук о Земле, Металлургии и Обогащения Министерства Образования и Науки Республики Казахстан

ТҰЙЫҚСУ МҰЗДЫҒЫНДАҒЫ ЖАУЫН-ШАШЫННЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫ

Л.А. Ерисковская

Жылы кезеңдегі (мамыр-қыркүйек), жаз мезгіліндегі (шілде - тамыз), мамырдан қыркүйекке дейінгі әр айда қатты, сұйық және аралас жауын-шашынның үлесі (%-дық), сонымен қатар 1971...2005 жылдар кезеңі бойынша Тұйықсу мұздығында жаз мезгілінің әртүрлі синоптикалық үрдістерінде қатты, сұйық және аралас жауын-шашынның қандай орташа ауа температурада түсетіндігі (Б.Л. Дзердзеевскийдің типтеуі бойынша) қарастырылады.