

УДК 551.524.34(574)

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ КОЛЕБАНИЙ ГРАНИЦЫ ПИТАНИЯ НА ЛЕДНИКЕ ТУЮКСУ

Л.А. Ерисковская

Рассматриваются метеорологические условия экстремальных значений высот границы питания и их связь с балансом массы ледника Туюксу за период 1972...2003 гг.. Оценено влияние синоптических процессов (по типизации Б.Л. Дзердзиевского) на выпадение осадков за теплый (май – сентябрь) и летний (июнь – август) периоды.

Как известно, ледники относятся к гляциогидрологическим объектам и подвержены влиянию климатических колебаний. Подробно это рассматривалось в статьях [3, 4, 5]. Особенно большой научно-практический интерес представляют метеопроцессы при экстремальных значениях годового баланса массы ледников. Для исследования этого вопроса использовались данные Института географии РК по репрезентативному, наиболее доступному и хорошо изученному леднику Туюксу [3, 5].

Положительный баланс массы ледника за период 1972...2003 гг. был в 1980/81, 1992/93, 2002/03 гг. – это благоприятные для оледенения годы, когда снеговая линия (граница питания) ледника была ниже средней многолетней, и на долю области питания приходилась большая часть площади ледника. Во все остальные годы указанного периода преобладал отрицательный баланс, особенно резко выраженный в 1977/78, 1983/84, 1990/91, 1996/97 гг. с максимально высоким положением границы питания ледника (рис. 1).

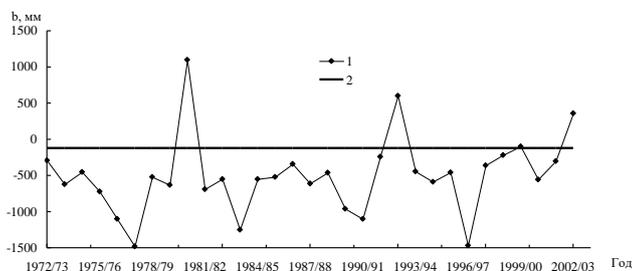


Рис. 1. Ход баланса массы ледника (b, мм). 1 – средние многолетние значения баланса массы ледника за период 1879...2003 гг.; 2 – на леднике Туюксу ([6, 7]).

Величина годового баланса массы ледника во многом обусловлена метеорологическими условиями. Для их оценки использовались наблюдения с 1972 по 2003 гг. по станции Туюксу. Проанализируем отдельно за благоприятные и неблагоприятные для оледенения годы, по основным метеоэлементам (табл. 1, 2).

Таблица 1

Средние значения метеорологических элементов по станции Туюксу за неблагоприятные для оледенения годы (1977/78, 1983/84, 1990/91, 1996/97)

Месяц	T, °C	T _{макс} , °C	T _{мин} , °C	A, °C	W, мм	N, сут.	F, %	H, см	Q, час	O, балл	V, м/с
Октябрь	-3,1	1,1	-7,0	8,1	82,2	14	52	11,0	154,5	4,5	1,3
Ноябрь	-8,1	-4,0	-12	7,7	45,9	10	42	43,8	118,8	4,0	1,7
Декабрь	-11,4	-8	-15	7,9	44,7	12	48	49,5	100,0	4,2	1,9
Январь	-14,4	-10	-18	7,9	27,9	9	47	63,0	109,1	4,0	1,6
Февраль	-15,0	-11	-18	8,1	21,7	11	53	60,9	145,1	4,2	1,6
Март	-9,1	-4	-14	9,7	46,8	18	57	74,0	152,0	5,0	1,4
Апрель	-2,8	2,7	-4,8	7,5	65,6	19	58	74,9	161,1	6,0	1,4
Май	0,2	4,4	-3,7	8,1	126,0	21	66	35,8	166,0	6,5	1,5
Июнь	3,7	7,6	0,3	7,4	156,5	20	69	5,7	165,0	6,0	1,5
Июль	6,5	10	3,0	7,4	106,0	14	63	0,2	193,8	4,3	1,3
Август	6,5	11	2,7	7,9	62,5	8	49	0,3	190,0	2,8	1,3
Сентябрь	2,4	6,4	-1,4	7,7	50,1	10	55	0,8	210,7	3,2	1,2
Σ	-45	6,2	-75	95	835,8	169	676	419,9	1866	55	17,5
Ср. месячное	-3,8	0,5	-6,2	7,9	69,7	14	56	35,0	155,5	4,6	1,5

Примечание: T – средняя месячная температура, A – амплитуда максимальной и минимальной температуры, W – осадки, N – число суток с осадками, F – относительная влажность, H – высота снежного покрова, Q – продолжительность солнечного сияния, O – общая облачность, V – скорость ветра, Σ – сумма за балансовый год.

Известно, что метеоэлементы зимних месяцев (за исключением осадков) не играют принципиальной роли в формировании баланса массы ледников. Для формирования баланса массы ледника основными метеоэлементами являются температура воздуха, осадки, продолжительность солнечного сияния, облачность за теплый период (с мая по сентябрь).

Из анализа табл. 1 и 2 следует, что главным фактором для баланса массы ледника Туюксу являются весенние осадки и особенно осадки летних месяцев. Температура, продолжительность солнечного сияния за теплый период в благоприятные годы по величине меньше, чем в неблагоприятные, а осадки, облачность – больше (табл. 3).

Таблица 2

Средние значения метеорологических элементов за благоприятные для оледенения годы (1980/81,1992/93,2002/03)

Месяц	T, °C	T _{макс} , °C	T _{мин} , °C	A, °C	W, мм	N, сут	F, %	H, см	Q, час	O, балл	V, м/с
Октябрь	-2,3	-2	-5,4	6,0	60,2	11	58	15,0	157,4	4,3	1,5
Ноябрь	-6,0	-2	-9,7	7,9	54,3	12	60	38,8	108,0	4,7	1,9
Декабрь	-11	-7	-12,7	7,1	37,7	10	59	57,3	82,9	4,7	1,7
Январь	-13	-9	-16	7,8	21,6	7	55	63,0	119,5	4,0	1,4
Февраль	-12,0	-8	-16	8,1	32,0	10	61	64,0	111,7	5,3	1,7
Март	-9,1	-4	-13	8,6	54,8	13	62	69,3	161,1	6,0	1,2
Апрель	-4,4	0,7	-9,5	9,1	95,2	15	62	85,7	170,7	6,0	1,2
Май	-1,0	4,2	-5,2	9,0	185,2	20	76	86,1	148,2	6,7	0,9
Июнь	3,2	7,7	-0,4	7,7	217,7	23	75	44,3	150,6	6,7	1,0
Июль	4,9	8,4	1,5	6,2	261,2	21	73	3,0	152,3	6,3	1,1
Август	4,3	7,8	1,2	6,3	88,8	18	69	0,6	185,6	5,3	1,0
Сентябрь	2,2	6,2	-1,4	7,9	60,6	12	59	1,9	200,9	4,0	1,0
Σ	-44	3,9	-86	92	1169	171	769	529	1743	57	15,6
Ср. месячное	-3,7	0,3	-7,2	7,7	97,4	14	64	44,1	145,2	4,8	1,3

Таблица 3

Средние значения метеозаэментов за теплый период с мая по сентябрь (1972...2003 гг.)

Метеозаэлемент	Среднее значение	Неблагоприятные годы	Благоприятные годы
T, °C	3,24	3,86	2,72
W, мм	124,6	100,2	162,7
Q, час	179,3	185,2	167,6
O, бал	5,08	4,56	5,8

В результате более детального анализа метеоданных, сведенных в табл. 1 и 2 следует, что основным фактором, определяющим режим ледника Туюксу, является количество осадков в летние месяцы. Максимальное количество осадков в благоприятные годы приходится на июль. Высота снежного покрова за балансовый год, в благоприятные годы выше, чем в неблагоприятные, что также является одним из главных факторов. Как показано ранее [3], температура воздуха за весенние месяцы (апрель – май) за исследуемый период для ледника Туюксу понижается, и весенние осадки чаще выпадают в твердом виде. Это имеет существенное значение для оледенения. Количество же зимних осадков, как и в целом за холодный период, в неблагоприятные годы больше, чем в благоприятные за исследуемый период. Отсюда следует вывод, что для оледенения наиболее

важно обильное выпадение твердых летних и весенних осадков, которые способствуют уменьшению абляции ледника в связи с увеличением альbedo поверхности и возрастанием затрат тепла на таяние свежевывающего снега. Область аккумуляции при этом увеличивается.

Различия в процентном отношении показаны на рис. 2.

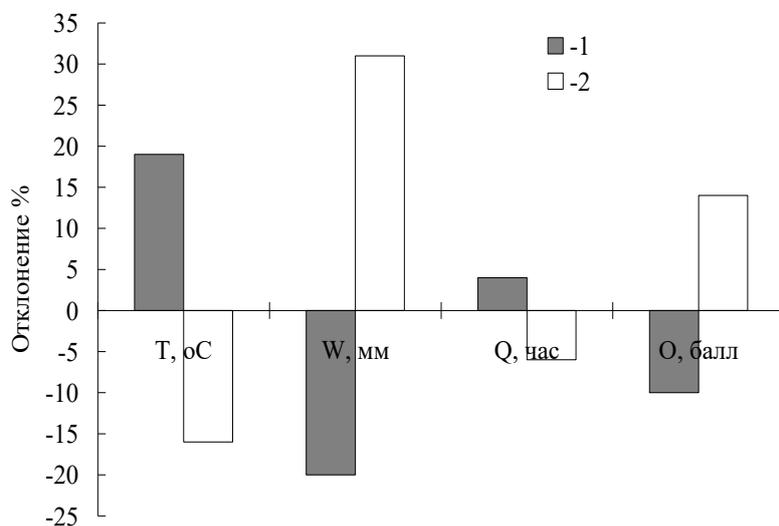


Рис. 2. Отклонения в % значений метеоэлементов от среднего значения за теплый период (май – сентябрь) с 1972...2003 гг. 1 – неблагоприятные годы, 2 – благоприятные годы.

За балансый год среднемесячная, максимальная и минимальная температуры, амплитуда максимальных и минимальных температур, продолжительность солнечного сияния и скорость ветра в благоприятные годы по величине меньше, а облачность, осадки, относительная влажность – больше, чем в неблагоприятные годы. Все эти факторы способствуют оледенению.

Основным фактором, определяющим количество осадков, являются синоптические процессы. Для анализа синоптических процессов использовалась типизация, разработанная Б.Л. Дзердзеевским для Северного полушария [1, 2]. Глобальная циркуляция атмосферы – одна из наиболее динамичных составляющих климатической системы. Количественная оценка ее изменения возможна на основе крупномасштабной типизации макроциркуляционных процессов. Б.Л. Дзердзеевским выделена отдельной группой меридиональная южная циркуляция – необычное состояние атмосферы с циклонической циркуляцией на полюсе, отсутствием блокирующих процес-

сов на полушарии и тремя-четырьмя одновременными выходами южных циклонов в разных секторах полушария. Именно с этой группой, продолжительность которой в настоящее время почти в четыре раза превышает среднюю многолетнюю величину, связано большинство метеорологических экстремумов, в том числе в Арктическом бассейне и в горных районах. Рост повторяемости южных циклонов, отличающихся малым радиусом действия, большими скоростями перемещения и резкими контрастами температуры на фронтах, вызвал увеличение амплитуды колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков в разных регионах, в частности, в горных в теплое время года [9]. В 2001 г. суммарная продолжительность ЭЦМ (элементарных циркуляционных механизмов) 12-го типа и чередование их с механизмами 13-го типа создала наилучшие условия для обострения атмосферных фронтов, формирования обильных осадков и резких контрастов температуры воздуха, а, следовательно, для более частого возникновения экстремальных природных явлений (лавины, сели, оползни, наводнения), что мы и наблюдаем в современный период [9]. При типе ЭЦМ 13л – полярное вторжение отсутствует, отмечается обширная депрессия над Арктическим бассейном, и циклоническая деятельность на континентах [10].

Для анализа синоптических процессов использовались данные из ряда источников [8, 9, 10, 11]. По этим данным подсчитывалось количество суток, при которых выпадают осадки, при различных типах циркуляции за теплый период – наиболее важный для формирования баланса массы ледника (табл. 4). При анализе табл. 4, видно, что наиболее часто осадки за теплый период выпадают при ЭЦМ 13л и обильное выпадение осадков также приходится на этот тип циркуляции. Наибольшее количество суток с выпадением осадков приходится на летние месяцы, в сентябре повышается зимний тип циркуляции 13з, в мае он появляется редко.

ЭЦМ 13л появился в начале 20-го столетия и количество суток с этим типом циркуляции быстро возрастает (рис. 3). В середине 90-х годов 20-го столетия начинается небольшой спад, но число случаев с данным типом циркуляции достаточно велико (рис. 3).

Как видно в табл. 4 наибольшее количество суток, при которых выпадают осадки на станции Туюксу приходится на тип циркуляции 13л в основном на летние месяцы. В конце 20-го столетия (рис. 4) количество суток с типом циркуляции 13л (меридиональный южный), при которых выпадали осадки на станции Туюксу, резко увеличивается, затем немного уменьшается, также, как и в целом для всего Северного полушария (рис. 3).

Таблица 4

Количество суток, при которых выпадают осадки, на станции Туюксу при различных элементарных циркуляционных механизмах (ЭЦМ) за период 1972...2002 гг.

Тип ЭЦМ	Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	Σ	(+)	(-)												
1	4	0	1	0	0	0	2	0	2	1	0	1	7	0	0
2	35	14	8	61	12	16	57	14	12	39	9	13	7	2	0
3	18	4	4	20	6	3	20	6	2	12	3	3	7	1	2
4	47	11	7	54	10	5	56	15	10	48	12	16	17	5	1
5	0	0	0	0	0	0	4	0	0	10	2	1	10	2	5
6	6	1	2	30	9	5	15	7	2	13	0	2	4	1	1
7л	33	7	3	22	9	1	14	4	4	18	7	3	22	4	1
7з	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8а	42	9	8	32	17	1	6	2	0	3	0	1	9	1	5
8б	24	5	6	7	1	0	12	3	13	12	3	2	9	1	2
8в	11	1	3	10	5	1	10	4	1	9	3	2	20	5	8
8г	16	5	2	9	2	1	8	0	3	11	3	3	2	0	1
9	57	8	16	62	14	8	49	20	6	24	4	8	17	2	6
10	60	19	11	37	9	5	38	14	7	30	6	5	15	1	4
11	10	1	2	6	2	1	8	2	1	3	0	0	11	5	6
12а	78	23	17	31	8	9	10	3	1	11	1	1	22	3	7
12г	14	5	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	8	0	3
12л	56	23	10	28	8	6	29	13	3	18	4	5	19	2	5
12з	1	1	0	2	1	0	0	0	0	2	1	1	10	1	7
13з	5	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	44	10	13
13л	109	30	29	238	68	41	222	67	38	169	49	34	85	15	28
Σ	628	169	133	649	181	103	560	174	105	435	107	102	345	61	105

Примечание: Σ – сумма количество суток, при которых выпадают осадки; (+) – обильное выпадение осадков (больше 10 мм/сут.), (-) – небольшое выпадение осадков (меньше 1 мм/сут).

Но при анализе табл. 5 видно, что количество суток с данным типом циркуляции, при котором выпадали осадки, в благоприятные годы больше, чем в неблагоприятные, но дополнительным фактором, влияющим на оледенение в благоприятные годы, является понижение температуры. Количество суток с выпадением осадков было больше, значит, облачность была выше, продолжительность солнечного сияния меньше,

среднемесячная температура воздуха ниже в благоприятные годы, что повлияло на изменение баланса массы ледника. Он был положительный.

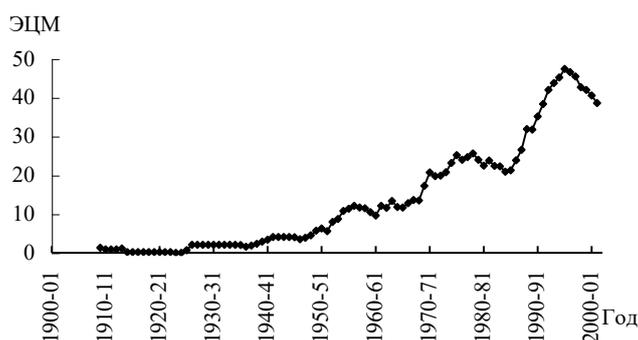


Рис. 3. Изменение скользящей по 10-летиям ЭЦМ 13л (суммы количества суток для Северного полушария) за летний период.

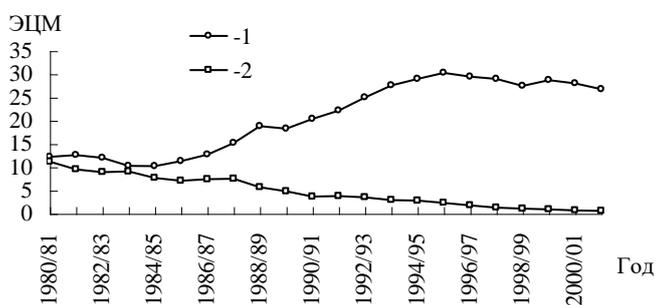


Рис. 4. Изменение скользящей по 10-летиям количества суток, при которых выпадают осадки при типах циркуляции 13л (1) и 4 (2) на станции Туюксу за летний период 1972...2002 гг..

Таблица 5

Значения метеоэлементов за летний период по станции Туюксу, 1972...2002 гг.

Тип года	N_1	N_2	ΣW_1 , мм	ΣW_2 , мм	$\bar{T}_{мес}$
Неблагоприятный	44,5	15,1	325,0	122,0	5,6
Благоприятный	64,5	23,5	532,1	169,7	3,9

Примечание: N_1 – количество суток с выпадением осадков; N_2 – количество суток, при которых выпадали осадки при ЭЦМ 13л; ΣW_1 – сумма осадков в мм, ΣW_2 – сумма осадков, выпавшая при ЭЦМ 13л, в мм; $\bar{T}_{мес}$ – среднемесячная температура в °С.

Таблица 6

Число суток и сумма осадков при различных ЭЦМ на станции Туюксу за летний период

ЭЦМ	Благоприятные годы						Неблагоприятные годы									
	1980/81		1992/93		За два года		1977/78		1983/84		1990/91		1996/97		За четыре года	
	Σ_c	Σ_w	Σ_c	Σ_w	Σ_c	Σ_w	Σ_c	Σ_w	Σ_c	Σ_w	Σ_c	Σ_w	Σ_c	Σ_w	Σ_c	Σ_w
1																
2	3	40,1	1	12,9	4	53	7	46,3	2	17	11	90			20	153
3							2	2,3	1	2,5	4	76	1	43	8	81,2
4	6	25,2	1	4,9	7	30,1	4	18,2	8	49	2	26			14	92,9
5																
6	11	71,1	3	16,3	14	87,4	1	1,5					1	12	2	13,2
7л			1	1,0	1	1,0	11	104					2	28	13	131
7з																
8а							2	3,1					2	17	4	20
8б							1	1,3	4	16					5	16,8
8в			2	22,6	2	22,6			6	102					6	102
8г	8	38,8	2	11,6	10	50,4										
9	14	124	12	144	26	267,8	1	6	6	20	3	16	8	74	18	116
10	6	38,5	8	99,7	14	138,2	1	3,7	1	4,6	4	26	4	33	10	67,7
11	1	6,3			1	6,3					1	1,2			1	1,2
12а			2	2,5	2	2,5							4	11	4	11,2
12г																
12л	9	60,9	1	0,2	10	61,1	1	1,1							1	1,1
12з																
13з																
13л	15	80	32	259	47	339	4	22	7	69	34	272	14	104	59	468
Σ	73	485	65	575	138	1060	35	206	35	279	59	507	36	322	165	1274

Примечание: Σ_c – сумма количества суток, при которых выпадали осадки; Σ_w – сумма количества осадков в мм при различных ЭЦМ.

В табл. 5 видно, что и в неблагоприятные годы также выпадает большое количество осадков при ЭЦМ 13л. Но согласно табл. 6 в благоприятные годы добавляются еще ЭЦМ 9, 10, 12, при которых выпадает большое количество осадков. Заметную долю осадков вносят типы циркуляции 4 и 6. Это северные вторжения [11], при которых происходит существенное понижение температуры воздуха на леднике, что благоприятно для оледенения. Однако количество суток с северными вторжениями заметно уменьшается, особенно при типе 4 (рис. 4). Остальные северные вторжения за исследуемый период изменялись незначительно.

Результаты данной работы хорошо согласуются с выводами, которые сделаны Кононовой Н.К. для других регионов [9]. Происходит перестройка атмосферной циркуляции, в частности появление в начале 20-го столетия ЭЦМ 13л, который создает наилучшие условия для обострения атмосферных фронтов, резких контрастов температуры воздуха и, следовательно, для возникновения экстремальных природных явлений, что мы и наблюдаем в современный период. Глобальное повышение температуры воздуха вызывает увеличение испарения с поверхности Мирового океана, что должно привести к увеличению осадков. В горной местности Северного Тянь-Шаня увеличилась обильность выпадения осадков в теплый период, в связи с чем участились оползни, наводнения, сели и т.д., но анализ связи этих опасных явлений с метеопроцессами требует дальнейших исследований.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что непосредственное влияние глобального потепления, усиливающее таяние льдов, в некоторых районах горного оледенения, может быть в значительной мере скомпенсировано при усилении атмосферных процессов, переносящих влагу в эти районы, увеличением обильности выпадения твердых осадков в теплое время года. Однако в горных районах Северного Тянь-Шаня такой компенсации за рассматриваемый период не происходит из-за существенного уменьшения доли северных вторжений (особенно ЭЦМ 4-го типа) при увеличении южных меридиональных вторжений, менее благоприятных для оледенения.

В заключение считаю необходимым выразить благодарность сотрудникам ИГ РК к.г.н. Макаревичу К.Г. и член-корр. МАНЭБ Плеханову П.А. за ценные рекомендации и замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзердзеевский Б.Л. Проблемы колебаний общей циркуляции атмосферы и климата // Воейков и современные проблемы климатологии. – Л., 1956. С. 109 – 122.

2. Дзердзеевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. – М., 1975. – 285 с.
3. Ерисковская Л.А. Климатические изменения в высокогорной зоне Заилийского Алатау на примере ледника Туюксу // Гидрометеорология и экология. – Алматы. 2003. – № 3. С. 33 – 38.
4. Ерисковская Л.А. Влияние климатических изменений на оледенение в высокогорной зоне Заилийского Алатау на примере ледника Туюксу // Гидрометеорология и экология. – Алматы. 2003. – № 4. С. 31 – 34.
5. Ерисковская Л.А. Метеорологические условия на леднике Туюксу за последние годы, влияющие на оледенение // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2004. – № 1. С. 34 – 41.
6. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. – Алматы. 2001. – 252 с.
7. Вилесов Е.Н. Баланс массы ледника Туюксу в последнее десятилетие 20 века. // Гидрометеорология и экология. 2003. – №1. – С. 80 – 84.
8. Календарь последовательной смены ЭЦМ за 87-летний период (с 1899-1985 гг.) // Материалы метеорологических исследований – 1987. – №13. – С. 30 – 116.
9. Кононова Н.К. Исследования многолетних колебаний циркуляции атмосферы Северного полушария и их применение в гляциологии. – МГИ, 2003. – Вып. 95. – С. 45 – 65.
10. Обобщенные схемы элементарных циркуляционных механизмов // Материалы метеорологических исследований – 1987. – №13. – С. 18 – 29.
11. Савина С.С., Хмелевская Л.В. Динамика атмосферных процессов Северного полушария в XX столетии // Материалы метеорологических исследований – 1984. – №9. – 146 с.

Институт географии

ТҮЙІСҚУ МҰЗДЫҒЫНДА СОРЕКТЕНУ ШЕКАРАЛАРЫНЫҰ
АУЫТСУУЫН МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫС КЕЛІСУ

Л.А. Ерисковская

Соректену шекараларыныҰ биіктігініҰ экстремальді м.,ндерініҰ метеорологиялыҰ жадайллары ж.,не 1972...2003 жж. кезеҰдері бойынша, олардыҰ ТҮЙІСҚУ МҰЗДЫҒЫНЫҰ САЛМАҒЫНЫҰ БАЛАНСЫМЕН БАЙЛАНЫСЫ ЖАРАСТЫРЫЛАДЫ. ЖЫЛЫ (МАМЫР-ЖҮРКҒҮЕК) Ж.,НЕ ЖАЗЛЫ (МАУСЫМ-ТАМЫЗ) КЕЗЕҰДЕРДЕ ЖАУЫН-ШАШЫННЫҰ ТІСҮІНЕ СИНОПТИКАЛЫҰ ПРОЦЕССТЕРДІҰ (Б.Л. ДЗЕРДЗЕВСКИНІҰ ТИПТЕҮІ БОЙЫНША) „сері баҰаланҰан.