

УДК 551.578.46.001.18"45"(235.216.2)

**О СВЕРХДОЛГОСРОЧНОМ ПРОГНОЗЕ СНЕЖНОСТИ
В ГОРАХ ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ**

Канд. геогр. наук Е.И. Колесников

Рассматривается режим снежности северного склона Заилийского Алатау при ожидаемом изменении регионального климата на примере бассейна р. Малая Алматинка - зоны массового отдыха международного значения.

Проблема антропогенного воздействия на климат волнует многих крупнейших климатологов мира. Это убедительно показано в работе [5], в которой приводятся точки зрения ряда ученых на эту проблему. По оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), наблюдаемые изменения глобального климата маловероятно связаны с природной изменчивостью климатической системы. В [3] показано, что климат нашего региона в течение последних 100 лет также не оставался неизменным. На фоне межгодовой и долгопериодной изменчивости (порядка 10 лет), связанной, в основном, с изменением характера циркуляции атмосферы, в регионе наблюдалась тенденция к повышению температуры приземного воздуха при практически неизменном режиме осадков. По сценариям различных моделей общей циркуляции атмосферы, такие тенденции сохранятся и в будущем. Но эти выводы касались равнинной территории республики. Огромный интерес представляет исследование вопроса об изменении режима снежного покрова в горах Заилийского Алатау при предполагаемых изменениях климата, так как от режима снежного покрова, в свою очередь, зависит рентабельность горных курортов и возникновение таких опасных явлений, как снежные лавины.

Существует ряд работ, посвященных долгосрочному прогнозу некоторых характеристик снежности в горах Казахстана [2, 4]. В них прогноз строился в зависимости от различных предположений о степени изменения основных характеристик климата. Автор работы [4], основываясь на долгосрочном климатическом прогнозе Будыко М.И. [1], пришел к заключению, что к 2025 году высота снежного покрова и продолжительность его залегания в горах Заилийского Алатау существенно уменьшатся за счет резкого потепления климата, и это нужно учитывать при рекреационном освоении горной территории. В работе [4] в основу прогноза снежности было заложено значительное увеличение средней температуры воздуха холодного периода в районе

г. Алматы (до 6°C в январе) при неизменном количестве осадков. При этом было сделано допущение, что указанные изменения справедливы для всего северного макросклона Заилийского Алатау. Практика показала, что прогноз какого-либо явления (процесса), основанный на прогнозе другого явления (процесса), имеет существенный недостаток: если не оправдался первый прогноз, то автоматически не оправдывается и другой. Сведения, изложенные в [5] и полученные при обработке метеоданных за последние 15 лет, послужили причиной для существенной корректировки выводов в [4].

В настоящей работе для того, чтобы проследить за тенденцией изменения климата в предгорьях и горах, использованы материалы многолетних наблюдений за температурой воздуха ($\Sigma T_{\text{хп}}$) и осадками ($\Sigma X_{\text{хп}}$) за холодный период года (ноябрь - март) по метеостанциям: Алматы ГМО, Усть-Горельник, Верхний Горельник и Мынжилки. Для оценки снежности дополнительно использовались также данные метеостанций Медеу, Большое Алматинское Озеро и маршрутных снегоисчислителей по Малоалматинскому снегомерному маршруту.

Построены графики многолетнего хода и пятилетние скользящие средние суммы средних месячных температур воздуха за холодный период года (рис. 1). Анализ этих данных показывает, что потепление, безусловно, идет, особенно интенсивно с конца 50-х годов. Причем, продолжительность периодов с положительными аномалиями температуры неуклонно возрастает, в то время как продолжительность периодов с отрицательными аномалиями температур сохраняется приблизительно одинаковой, равной 10-11 годам. Хотя периоды потеплений и похолоданий в целом совпадают по всему вертикальному "разрезу", однако размах колебаний температур с увеличением высоты местности существенно уменьшается. Имеющиеся 70-летние ряды наблюдений позволили оценить температурные линейные тренды, которые при проверке с помощью критериев Фишера и Стьюдента оказались статистически значимыми (исключение М Верхний Горельник). Изменение суммы средних месячных температур воздуха за холодный период года ($\Delta \Sigma T_{\text{хп}}$) составляет от $0,49^{\circ}\text{C}/10$ лет на М Верхний Горельник до $1,11^{\circ}\text{C}/10$ лет на М Алматы ГМО (табл. 1). Эти показатели действительно свидетельствуют о существенном потеплении климата, особенно в предгорьях - зоне широкого хозяйственного освоения. Однако столь интенсивное потепление, которое прогнозируется в работе [4], маловероятно.

Расчеты показывают, что для столь резкого потепления изменение $\Delta \Sigma T_{\text{хп}}$ должно быть на Алматы ГМО и М Мынжилки около $5,8^{\circ}\text{C}/10$ лет, хотя фактически за 70-летний период оно соответственно равно $1,11^{\circ}\text{C}$ и $0,60^{\circ}\text{C}$ за 10 лет (см. табл. 1). Неверно также утверждение в работе [4], что повышение температуры к 2025 году в предгорьях и высокогорьях должно быть одинаковым, так как оно не имеет физического объяснения и не подтверждается фактическими данными.

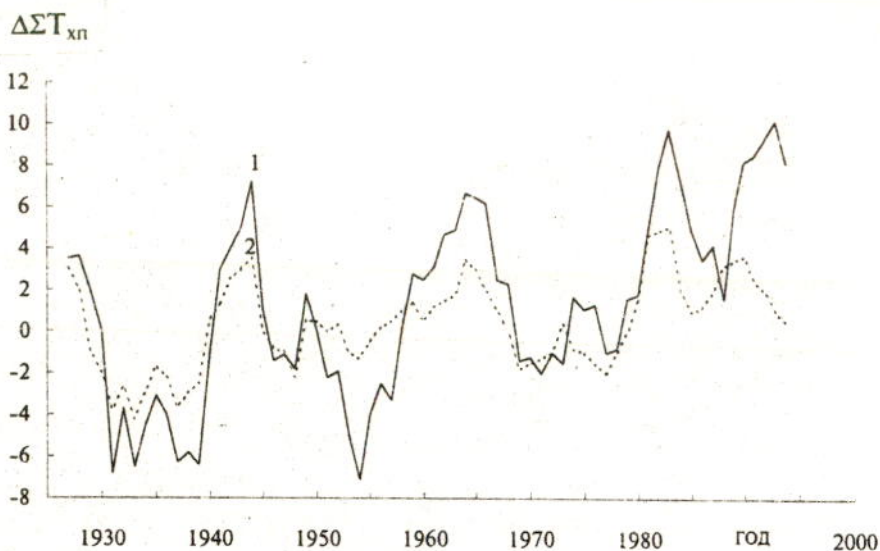


Рис. 1. Многолетний ход аномалий сумм температуры воздуха за холодное полугодие (ноябрь - март), на М Алматы ГМО (1) и М Мынжилки (2), $\Delta\Sigma T_{хп}$ по осредненным скользящим пятилетиям

Таблица 1
Статистические характеристики фактической и прогнозируемой температуры приземного воздуха за холодный период года

Метеостанция	Высота, м	Характеристики температуры воздуха			
		Средняя за период 1951-1980 гг., $\Sigma T_{хп}^{\circ C}$	$\Delta\Sigma T_{хп},$ $^{\circ C}/10$ лет	Среднее к 2025 году, $\Sigma T_{хп}^{\circ C}$	
				по экс- трапо- ляции	по [4]
Мынжилки	3036	-46,5	0,60	-43,8	-20,2
Верхний Горельник	2268	-23,4	0,49	-21,2	4,4
Усть-Горельник	1943	-20,0	0,60	-17,3	6,8
Алматы ГМО	857	-13,5	1,11	-8,5	12,5

Анализ материалов многолетних наблюдений за осадками на вышеуказанных станциях показал, что и эта климатическая характеристика также подвержена существенным периодическим колебаниям, но, в целом, заметно увеличение суммарного за период ноябрь-март количества осадков (рис. 2).

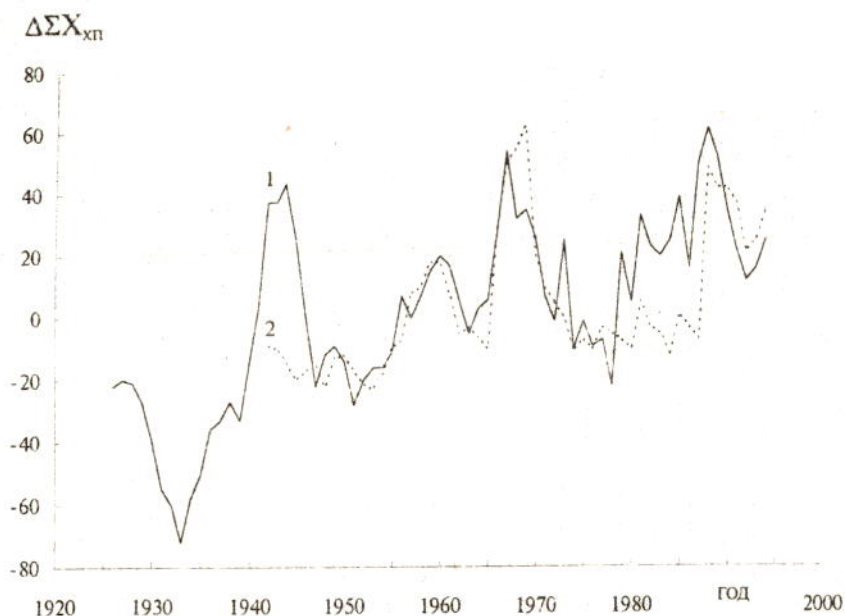


Рис. 2. Многолетний ход аномалий сумм осадков за холодное полугодие (ноябрь - март) на М Алматы ГМО (1) и М Мынжилки (2), $\Delta\Sigma X_{хп}$ по осредненным скользящим пятилетиям

В табл. 2 приведены фактические тренды, которые изменяются от 8,6 мм/10 лет на М Мынжилки до 11,7 мм/10 лет на М Верхний Горельник, расчетные значения среднего многолетнего количества осадков за холодный период к 2025 году увеличиваются и составляют, таким образом, для всех рассмотренных метеостанций около 125 % среднего значения за период 1951-1980 гг. Прогнозируемые значения $\Sigma T_{хп}$ и $\Sigma X_{хп}$ к 2025 году получены методом экстраполяции трендов. Это допустимо, если период прогнозирования не превышает 1/3 длины исходного ряда.

Таблица 2

Статистические характеристики фактического и прогнозируемого количества осадков за холодный период года

Метеостанция	Высота, м	Характеристики осадков		
		Среднее за период 1951-1980 гг., мм	$\Delta\Sigma X_{хп}$, мм/10 лет	Среднее к 2025 году по экстраполяции трендов, мм
Мынжилки	3036	151,7	8,6	190,4
Верхний Горельник	2268	229,4	11,7	282,2
Усть-Горельник	1943	212,9	11,1	262,9
Алматы ГМО	857	215,5	9,6	250,7

Таким образом, в связи с ожидаемым потеплением климата в горах и возможным увеличением суммарного количества осадков за холодный период года, представляет интерес рассчитать предполагаемую высоту снежного покрова и продолжительность его залегания к 2025 году. Можно предположить, что в связи с происходящим потеплением климата в осенне-весенние месяцы должна увеличиться доля жидких и смешанных осадков, особенно в низко-среднегорной зоне Заилийского Алатау, что сократит продолжительность залегания устойчивого снежного покрова.

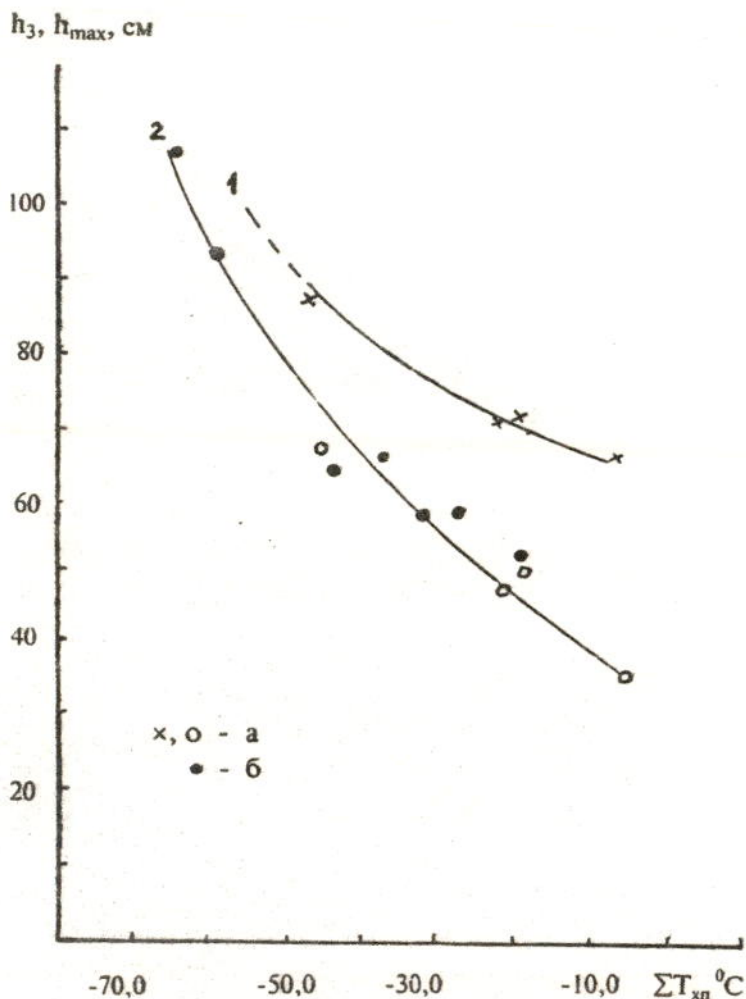


Рис. 3. Зависимость высоты снежного покрова на конец марта по снегосъёмкам h_3 и средних максимальных высот снега за зиму h_{max} от сумм месячных температур воздуха за холодный период (ноябрь-март). 1 - h_{max} ; 2 - h_3 ; а - по метеостанциям, б - по снегопунктам.

Для оценки снежности в расчетный 30-летний период (1996-2025 гг.) использовались зависимости режимных характеристик снежного покрова и температуры воздуха, которые существуют в настоящее время. Примеры такой зависимости показаны на рис. 3 и 4. Значения корреляционных отношений этих зависимостей составляют 0,99 и 0,92 соответственно. В табл. 3 значения прогнозируемой высоты снежного покрова на конец марта (h_3) и продолжительность залегания устойчивого снежного покрова (D) к 2025 году сняты с рис. 3 и 4 по прогнозируемым значениям $\Sigma T_{хп}$ (см. табл. 1).

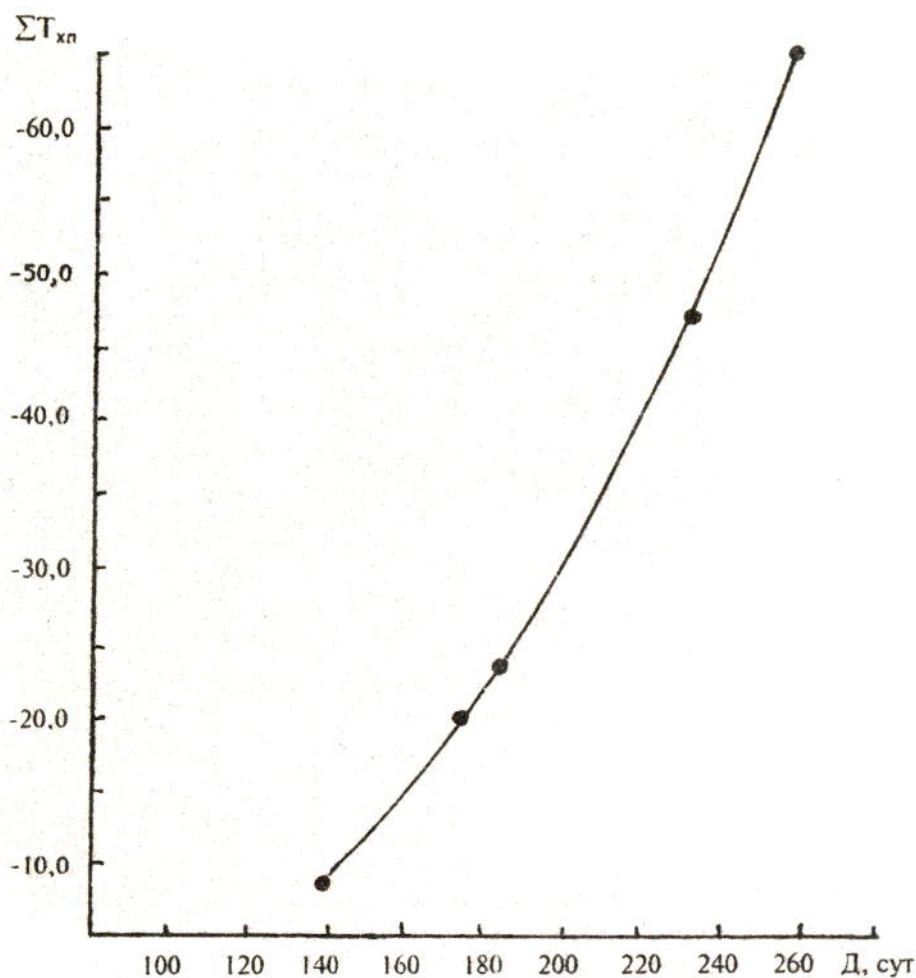


Рис. 4. Зависимость продолжительности залегания устойчивого снежного покрова (D) от суммарных значений среднемесячных температур воздуха за холодный период ($\Sigma T_{хп}$) по метеостанциям

Как видим по данным (см. табл. 3), среднее значение продолжительности залегания устойчивого снежного покрова в окрестностях метеостанций за счет потепления климата должны уменьшиться приблизительно на 2 суток в высокогорьях и на 10 суток в низкогорьях. В работе [4] это уменьшение показано для огромного диапазона высот (1200-3800 м) фактически одинаковым, 48-52 суток, что также не находит физического объяснения. Величина $\Sigma T_{\text{хп}}$, очевидно, оказывает решающее влияние на высоту снежного покрова и продолжительность его устойчивого залегания.

Таблица 3

Характеристики устойчивого снежного покрова

Метеостанция	Характеристики снежного покрова					
	Высота на конец марта (h_3), см			Продолжительность залегания, Д сут		
	1951- 1980 гг.	к 2025 г.		1951- 1980 гг.	к 2025 г.	
		по рис. 3	по [4]		по рис. 4	по [4]
Мынжилки	68	71	60	236	233	173
Верхний Горельник	48	45	15	184	177	114
Усть-Горельник	52	43	0	173	165	96
Медеу	37	30	0	140	130	90

Так, например, на М Усть-Горельник величина $\Sigma T_{\text{хп}}$ в 1995/96 гг. была на три градуса ниже среднего значения и также была меньше средней многолетней на 25 %. Однако высота снежного покрова на конец марта оказалась на 8 см больше среднего многолетнего значения.

Данные по снежному покрову приведены по маршрутным снегосъемкам на метеостанциях, которые проводятся по дну долины на горизонтальных площадках или участках поверхности с малыми уклонами. В то же время, многие исследователи указывают на большую изменчивость высоты снега на склонах в зависимости от их крутизны и экспозиции. Так, Северский И.В. [8] по данным дистанционных наблюдений за высотой снежного покрова на склонах различных экспозиций (В, З, СВ, СЗ, С) в диапазоне высот 1900-3700 м подсчитал средние максимальные значения высоты снега на склонах различных экспозиций в бассейнах рек Большой и Малой Алматинок. Знание этой характеристики на длительную перспективу имеет большое практическое значение при рекреационном освоении гор (планирование горнолыжных трасс и др.).

В табл. 4 приведены характеристики высоты снежного покрова

на конец марта и значение переводных экспозиционных коэффициентов (K_3 - отношение h_{\max} на склонах различных экспозиций к h_{\max} по дну долины вблизи метеостанций). В верхних зонах гор переводные коэффициенты несколько меньше коэффициентов в среднегорном поясе, что связано со значительным ветровым снегопереносом в высокогорьях. Значения h_{\max} на склонах взяты из [8] и подсчитаны методом интерполяции применительно к абсолютной высоте метеостанции.

Таблица 4

Характеристики высоты снежного покрова (h_3 , h_{\max}) на конец марта в бассейне р. Малой Алматинки

Метеостанция	По дну долины				На склонах различных экспозиций		
	по [7]		к 2025 г.		K_3	по [8]	к 2025 г.
	h_3	h_{\max}	h_3	h_{\max}		h_{\max}	h_{\max}
Мынжилки	68	88	71	86	0,74-0,97	65-85	65-85
Верхний Горельник	48	72	45	72	0,97-1,25	70-90	70-90
Усть-Горельник	52	73	43	70	0,75-1,10	55-80	52-77
Медеу	37	67	30	63	-	-	-

Современные значения h_{\max} по станциям взяты из [7], а прогнозируемые сняты с рис. 3 по прогнозируемым значениям $\Sigma T_{\text{хп}}$. Прогнозируемая средняя максимальная высота снега на склонах различных экспозиций подсчитана как произведение прогнозируемой высоты снега на ближайшей метеостанции на экспозиционные коэффициенты.

По данным (см. табл. 4) видно, что заметное уменьшение к 2025 году h_3 (на 0,9 см) и h_{\max} (на 3-4 см) ожидается в среднегорно-низкогорной зоне. В верхних зонах существенных изменений значений h_3 и h_{\max} не ожидается. Это объясняется комплексным влиянием на эти характеристики ожидаемого изменения величин $\Sigma T_{\text{хп}}$ и $\Sigma X_{\text{хп}}$. Так, например, ожидается, что в нижних зонах гор сумма осадков за холодный период ($\Sigma X_{\text{хп}}$) возрастет, но в связи с повышением $\Sigma T_{\text{хп}}$ на 3-4 °С, вероятно, увеличится доля осенне-весенних жидких и смешанных осадков, способствующих более интенсивному, чем в высокогорьях, оседанию снежного покрова, где величины $\Sigma T_{\text{хп}}$ и $\Sigma X_{\text{хп}}$ изменятся не столь значительно.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- в последующие 30 лет (к 2025 г.) столь резкого потепления в горах, как ожидалось при расчетах в [4], особенно в высокогорной зоне,

не произойдет, средние значения $\Sigma T_{хл}$ в диапазоне высот от 857 м до 3036 м соответственно повысятся на 5,0-2,7 °С;

- средние значения количества осадков за холодный период ($\Sigma X_{хл}$) в этом диапазоне высот повысятся на 53-39 мм;

- высота снежного покрова по метеостанциям на конец марга существенно не изменится;

- продолжительность залегания устойчивого снежного покрова уменьшится приблизительно на 10 суток только в низкогорной зоне хребта, в высокогорьях существенного ее уменьшения не ожидается;

- при планировании хозяйственной и рекреационной деятельности в горах на длительную перспективу нет оснований ориентироваться на малоснежье и сокращение спортивного сезона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 350 с.
2. Благовещенский В.П., Пиманкина Н.В. Колебания снежности в горных районах Юго-Восточного Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1997. - № 3. - С. 187-197.
3. Долгих С.А. О многолетних тенденциях термического режима на территории Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 3. - С. 68-77.
4. Кондрашов И.В. Прогноз лавин и некоторых характеристик снежности в горах Казахстана. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 72 с.
5. Лосев К.С. Климат: вчера, сегодня ... и завтра? - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 174 с.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуск 18 (Казахская ССР), книга 1. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 514 с.
7. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуск 18 (Казахская ССР), книга 2. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 520 с.
8. Северский И.В. Снежные лавины Заилийского и Джунгарского Алатау. - Алма-Ата: Наука, 1978. - 255 с.

Бюро погоды Агентства по гидрометеорологии РК

ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ ҚАРЛЫЛЫҒЫН ӨТЕ ҰЗАҚ МЕРЗІМГЕ БОЛЖАУ ТУРАЛЫ

Геогр. ғ. канд. Е.И. Колесников

Халықаралық дәрежелі жалпылай демалыс аймағы - Кіші Алматы өзенінің су алқабын мысалға келтіре отырып күтілген аумақ климатының өзгерген жағдайында болатын Іле Алатауының солтүстік беткейі қарлылығының режимі қарастырылған.