

О ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ИХ ВЛИЯНИИ НА СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ

Канд. геогр. наук С.О.Воргина

Рассматриваются снежные ресурсы предгорных и горных районов юго-востока Республики Казахстан, которые по мнению ряда авторов работ систематически сокращаются, вызывая обострение экологической ситуации в регионе. Полученные результаты позволили наметить тенденцию в изменении климатических условий залегания снежного покрова на юго-востоке Республики Казахстан, что представляет интерес в связи с освоением горной территории.

Проблема изменения климатических условий под влиянием антропогенных причин находится в центре внимания научных исследований последних лет. Насколько она актуальна сейчас, можно судить по международным и национальным конференциям, в процессе проведения которых была дана международная оценка роли CO_2 и других парниковых газов в изменении климата.

Повышение температуры северного полушария в сравнении с доинструментальным периодом на $0,53^\circ\text{C}$ отмечено рядом ученых [1, 9], которые полагают возможным удвоение доиндустриальной концентрации CO_2 в атмосфере к 2030 году при сохранении существующих темпов загрязнения, что приведет к повышению глобальной приземной температуры воздуха в среднем на 3°C [7]. По данным [10] парниковый эффект усиливается в результате повышения содержания двуокиси углерода, окиси азота и метана в атмосферном воздухе. В настоящее время человечество использует количество энергетических носителей, эквивалентное 10 млрд. т. угля (в 1900 г. - 800 млн. т.). С таким количеством сжигаемого топлива естественные процессы очищения не справляются, и загрязняющие вещества продолжают накапливаться, что приводит к глобальным изменениям

климата, повышению уровня мирового океана и нарушению защитного озонного слоя.

Антропогенные изменения климата в отдельных регионах несомненны. По данным А.Н. Кренке [5] примерно пятая часть суши Земли за счет антропогенного влияния коренным образом преобразована и не соответствует основным характеристикам тех географических природных зон, к которым она относилась ранее. Анализ тенденций в многолетних рядах приземной температуры воздуха и осадков показал, что наиболее уязвимыми в отношении антропогенного влияния оказались юго-восточные и южные районы Казахстана, где формирование зоны затишья способствует появлению периодов длительного накопления тропосферного аэрозоля [6]. Учитывая активное освоение горной территории юго-востока Казахстана и её большое значение для жизни региона, исследованы многолетние изменения снежных ресурсов в горных районах, где интенсивное потепление в зимние месяцы последних лет обуславливало свои особенности процессов их сезонного накопления.

Устойчивое потепление 70-80-х годов, охватившее и южные районы Казахстана, а также прогнозы многочисленных научных школ, свидетельствующие о существенном потеплении климата в будущем, побуждают с тревогой думать о судьбе этого региона и подвергать проверке существующие прогнозы о существенном сокращении продолжительности залегания снежного покрова в горах, уменьшении его высот, смещении ландшафтных зон. С этой целью мы обратились к фактам - данным непосредственных наблюдений и проанализировали тенденции в рядах основных характеристик климата, обуславливающих заснеженность горных склонов.

Изменение климатических условий на юго-востоке Казахстана складывается под влиянием естественных факторов (внешних и внутренних факторов климатической системы), глобальных и региональных антропогенных влияний. Последние наиболее ярко проявляются в условиях города Алматы и его пригородов. Для выявления тенденций в изменении климата на юго-востоке республики имеется уникальная совокупность метеорологических станций, располо-

женных в различных высотных зонах на склоне одной северной ориентации хребта Заилийского Алатау.

Влияние антропогенных воздействий (аэрозольного загрязнения атмосферы города Алматы) можно проследить по наблюдениям за интенсивностью прямой солнечной радиации, поступающей на перпендикулярную солнечным лучам поверхность в условиях безоблачного неба, и расчета на их основе коэффициентов прозрачности атмосферы (P). На территории Казахстана максимальные значения коэффициентов прозрачности наблюдаются в январе и октябре. В условиях Алматы и его пригородов под влиянием урбанизации и местной циркуляции (долинная составляющая горно-долинной циркуляции способствует переносу городских аэрозолей вверх по склону хребта) коэффициенты прозрачности атмосферы в январе принимают самые низкие в республике значения, равные 0,686. Многолетний ход P имеет тенденцию к направленному уменьшению его значений во времени. Прямая солнечная радиация, поступающая на перпендикулярную поверхность, приведенная к высоте солнца $h_0 = 30^\circ$, в зимние месяцы за 10-летний период уменьшается на $0,052 \text{ квт/м}^2$.

Метеорологическая информация по горным территориям широко используется при решении научных и хозяйственных задач. Эксплуатация средств связи, организация зон отдыха и возведение строительных комплексов производятся с учетом вероятностного климатического прогноза. В связи с этим рядом исследователей рассматривался механизм естественного образования снега и климатические условия его сохранения, а также возможность создания искусственного снежного покрова [2, 3, 4].

Вопросы стока горных рек и снабжения водой населенных пунктов, режим орошения предгорных территорий в значительной мере определяется условиями накопления и таяния снега и ледников в горах.

В настоящей работе основное внимание уделяется временным изменениям характеристик снежного покрова (максимальным за сезон запасам воды в снеге, продолжительности залегания устойчивого снежного покрова) в условиях северных склонов За-

илийского Алатау. Динамику последних в настоящее время часто увязывают с глобальным потеплением климата. Сотрудники снеголавинной службы Казахстана прогнозируют к 2025 г. продолжительность залегания снежного покрова в г. Алматы, равную 60 суткам, что на 40-50 суток меньше наблюдаемой в настоящее время. Так как эти оценки авторы развивают и дальше, связывая их со смещением ландшафтных зон, то есть смысл обратиться к фактам - данным наблюдений и проанализировать тенденции в рядах основных климатических характеристик, обуславливающих заснеженность горных склонов. Для этих целей была использована сеть станций, расположенных в различных высотных зонах хребтов Заилийского Алатау и Кетмень и на большом пространстве предгорий, вплоть до восточных границ республики.

Так как режим залегания снежного покрова из метеорологических факторов в основном определяется режимом температуры воздуха и осадков, то представляется целесообразным рассмотреть временные изменения в эмпирических рядах указанных характеристик. Для обоснования выводов были выявлены тенденции в многолетних рядах приземной температуры воздуха в зимние месяцы, максимальных за сезон запасов воды в снеге и продолжительностях устойчивого залегания снежного покрова. Выявление тенденций в многолетних рядах климатических характеристик осуществлялось на основе сглаживания их с использованием скользящего осреднения, а также аппроксимации рядов полиномом первой степени. При этом на основе работ Четыркина Е.М. [8] была составлена программа по расчету параметров трендов на ЕС ЭВМ. Исследования показали, что многочлен первой степени удовлетворительно отвечает природе аппроксимируемых рядов средних месячных температур воздуха, продолжительностей периодов с устойчивым залеганием снежного покрова, максимальных за сезон запасов воды в снежном покрове. Для выявления основной тенденции развития процесса необходимо численно оценить параметры a и b линейного уравнения.

$$y = a + bt, \quad (1)$$

для чего использовался метод наименьших квадратов

Приведенным параметрам можно дать конкретную интерпретацию: a - уровень ряда при $t = 0$, b - скорость роста.

Аппроксимация временных рядов дает возможность представить временной ряд в виде суммы двух слагаемых

$$y_t = y(t) + L_t, \quad (2)$$

где y_t - тренд, в нашем случае выраженный прямой; $y(t)$ - некоторая неслучайная функция времени, которая характеризует детерминированную часть временного ряда; L_t - случайная величина с нулевой средней и дисперсией $D(L_t)$, характеризует отклонения от тренда, обусловленные влиянием на процесс случайных факторов.

Случайность отклонений (отсутствие значительной автокорреляции) проверялась с помощью критерия Дарбина-Уотсона. Соответствующая этому критерию статистика рассчитывалась по формуле

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (L_t - L_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n L_t^2}. \quad (3)$$

При отсутствии автокорреляции остатков значения $d \approx 2$, а при полной автокорреляции $d \approx 0$ или 4. На основе результатов расчетов трендов и их параметров проверялись значения критерия (верхняя и нижняя границы) при 1 и 5 % уровне значимости. Определялся и такой критерий верности выбранного уравнения тренда, как качество аппроксимации

$$\gamma = \sqrt{1 - \frac{\sum (y_1 - \hat{y}_1)^2}{\sum (y_1 - \bar{y})^2}}. \quad (4)$$

Расчет трендов по густой сети станций позволяет не только выявить климатические изменения регионального плана, но и оценить вклад, вносимый антропогенными факторами в эти изменения. По мнению американских ученых [10] на основе различий в трендах температуры можно выявить острова тепла в районах больших городов.

За основу при проведении анализа взяты характеристики трендов в рядах максимальных запасов воды в снежном покрове, которые рассчитывались по данным снегосъемок девяти метеорологических станций и постов, расположенных в предгорных и горных районах юго-востока Казахстана. В целях сравнимости результатов в расчетах использован один и тот же период лет (1956-1992 гг.). Средние многолетние значения запасов воды в снежном покрове за указанный ряд лет возрастают с высотой от 55 мм в предгорьях до 230 мм на высоте 3000 м (табл. 1). Закономерный рост максимальных за сезон запасов воды в снежном покрове с высотой нарушается в районах с особым местоположением (Ассы, Большое Алматинское Озеро и др.).

В районе г. Алматы снегомерные съемки не проводятся, по этой причине рассчитывались тенденции в рядах максимальных запасов воды в снежном покрове для поста Каскелен и станции Иссык, расположенных к западу и юго-востоку от Алматы, соответственно. На основе данных снегосъемок, проводимых на указанных двух пунктах, можно сделать вывод, что в предгорных районах, где средние из максимальных запасов воды в снежном покрове достигают 50-100 мм, в ряду длительностью с 1956 по 1992 г. наблюдается тенденция к уменьшению запасов. Но размах колебаний тренда невелик и достигает 20 мм. С подъемом в горы размах колебаний тренда возрастает (табл. 1).

В горных районах с сокращением продолжительности периода залегания устойчивого снежного покрова (табл. 2) наблюдается тенденция к уменьшению максимальных запасов воды в снежном покрове. Наибольшее уменьшение продолжительности характерно для среднегорной зоны, в пределах высот 1800-2300 м, что связано, видимо, с потеплением зим. Поэтому

му, очевидно, что в основе изменения продолжительности залегания снежного покрова в горах лежит изменение термических условий.

Таблица 1

Характеристики трендов в рядах максимальных запасов воды в снежном покрове за период 1956-1992 годы по данным станций юго-востока Казахстана

Станция	Высота, м	Норма, мм	Характеристики тренда		Критерий Дарбина-Уотсона	Качество аппроксимации
			знак тенденции	размах колебаний, мм		
Иссык	1098	88	-	25,0	2,9	0,16
Каскелен	1137	54	-	20,0	1,9	0,29
Нарынкол	1799	50	-	21,0	2,5	0,26
Усть-Горельник	1943	169	-	10,0	2,1	0,37
Верхний Горельник	2268	165	-	28,0	2,4	0,42
Альпбаза	2478	217	-	90,0	1,7	0,48
Большое Алматинское						
Озеро	2516	158	-	15,0	2,1	0,34
Мынжилки	3017	229	-	95,0	2,3	0,32

В таблице 3 представлены тренды в рядах средних температур за зимние месяцы. В целом по всем станциям наблюдается рост зимних температур. Наибольший размах колебаний тренда наблюдается в январе. По станции Алматы, ГМО были рассмотрены тренды во все зимние месяцы года. Во все зимние месяцы наблюдается тенденция на рост температуры с размахом тренда 0,9-2,0 °С, лишь в марте имеет место отрицательный тренд с амплитудой равной 1,3 °С.

Таким образом в горных районах юго-востока Казахстана изменение климатических условий проявляется в тенденции к уменьшению максимальных запасов воды в снежном покрове, сокращению продолжительности залегания устойчивого снежного покрова, что связано с повышением зимних температур.

Таблица 2

Характеристики эмпирических рядов и линейных трендов средней месячной температуры воздуха за зимние месяцы по данным станций юго-востока Казахстана (1956- 1992 гг.)

Станция	Среднее многолетнее значение, °С	Характеристики тренда	
		знак тенденции	размах колебаний, °С
Алматы, ГМО			
Декабрь	-4,8	+	1,7
Январь	-6,8	+	2,3
Февраль	-5,2	+	2,4
Верхний Горельник			
Декабрь	-4,9	+	1,3
Январь	-6,7	+	2,7
Февраль	-6,1	+	1,9
Мынжилки			
Декабрь	-10,0	+	0,8
Январь	-11,6	+	1,5
Февраль	-11,0	+	1,6

Режим залегания снежного покрова в таком сложном географическом районе, как юго-восток Казахстана, должен рассматриваться отдельно для предгорных и горных территорий, а прогнозные оценки осуществляться с учетом естественных изменений климата и проявления цикличности.

Таблица 3

Характеристики эмпирических рядов и линейных трендов продолжительности устойчивого залегания снежного покрова по станциям юго-востока Казахстана (1956-1992)

Станция	Среднее многолетнее значение, сутки	Знак тенденции, сутки	Размах колебаний тренда, сутки
Алма-Ата, ГМО	111	+	2
Иссык	121	-	10
Усть-Горельник	174	-	7
Верхний Горельник	185	-	10
Большое Алматинское Озеро	191	+	9
Мынжилки	237	-	6

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенные изменения климата./Под ред. Будыко М.И. - Л., Гидрометеиздат, 1987. - 405 с.
2. Геткер М.И., Ивановская Т.Э. Снежный покров в горных системах Земли //Матер. гляциол. исслед. -1989.- N 67.-С.30-38.
3. Геткер М.И., Шенцис И.Д. Некоторые вопросы реорганизации снегомерной сети в горах Средней Азии //Тр. СарНИГМИ.- 1979.-Вып.64.-С.15-23.
4. Кравченко Г.Н., Геткер М.И. Снежные условия зимней рекреации Тянь-Шаня и Памиро-Алая //Матер. гляциол.исслед. - 1992.- N 75.- С.176-185.
5. Кренке А.Н. Антропогенные изменения географической зональности и их влияние на соотношение тепла и влаги в климатической системе //Изв. АН СССР. Сер. ге-

- огр.-1989.-N 3.-С.43-50.
6. Монокрович Э.И., Тулина Л.П., Чичасов Г.Н. О проблеме адаптации народного хозяйства Казахстана к изменениям климата //Вестн. АН КазССР, 1990.-N 10.-С.44-51.
 7. Предстоящие изменения климата/Совместный советско-американский отчет о климате и его изменениях//Под. ред. М.И. Будыко.-Л.: Гидрометеиздат, 1991.-271 с.
 8. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования.-М.: Статистика,1977.-200 с.
 9. Schonwiese Ch. D. Der Einfluß des Menschen auf das Klima //Naturwiss.Rdsch.-1988.-Bd.41.-N 10.-S.387-390.
 10. Tricart J. Une menace sur notre milieu: L'effect de serre//Rev. Geomorphol. Dyn.-1988.-Vol.37.-N 1.-P.19-24.

Казахский научно-исследовательский
гидрометеорологический институт

КЛИМАТТАҒЫ ӨЗГЕШЕЛТКІТЕР ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚАР ЖАМЫЛҒАСЫНА ӨСЕРІ

Геогр. ф. канд. С.О. ВОРГИНА

Мақалада Қазақстан Республикасы оңтүстік-шығыс тау және таулы аймақтарындағы қар қоры қарастырылады. Бірқатар авторлардың еңбегінде аталмыш аймақтарда экологиялық ауытқулардың салдарынан қар жамылғылары барған сайын кішірейуде деген ой айтылуда. Алынған мәліметтер Қазақстан Республикасының оңтүстік-шығыс тау және таулы аймақтарындағы қар жамылғыларының климаттық өзгеріске байланысты шеге бастағанын айқындап отыр. Таулы аймақтарды игеруге байланысты қызығушылықтар туындауда.