

УДК 551.577

Канд. геогр. наук Н.В. Пиманкина \*

**ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ОПАСНОСТЬ СИЛЬНЫХ СНЕГОПАДОВ И СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК В ГОРАХ КАЗАХСТАНА***КОЛЕБАНИЯ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, КАРТЫ*

*В статье рассматриваются некоторые особенности современного климата горных районов Казахстана. Выполнен анализ и составлены карты распределения сильных снегопадов и снеговых нагрузок в горах масштаба 1:500 000. Анализ чрезвычайных ситуаций, связанных со снегом в Казахстане, показывает потенциально высокий ущерб от стихийных явлений независимо от потепления климата и охватывает территории с разной плотностью населения и объемом валового продукта.*

**Введение.** В конце 20 – начале 21 века отмечено глобальное изменение климата. Повсеместно растет число чрезвычайных ситуаций, связанных с погодой, увеличивается ущерб. Вопросы, связанные с изменениями климата (в том числе в зимний период) и адаптации к ним, давно находятся в центре внимания ученых [2, 7, 11].

Данные последних лет о чрезвычайных ситуациях, вызванных сильными снегопадами и снегоотложениями в Казахстане, свидетельствуют о росте ущерба от стихийных явлений. Большие расходы государства и частных компаний связаны с расчисткой снежных заносов и завалов, восстановлением движения транспорта и эвакуацией людей. Причиной являются освоение новых территорий, возросшая мобильность населения, а также, возможно, климатические изменения. Требуется разработка методов управления риском экстремальных погодных явлений, включая создание карт опасности снегопадов, снеговых нагрузок, снежных заносов и снегоотложений.

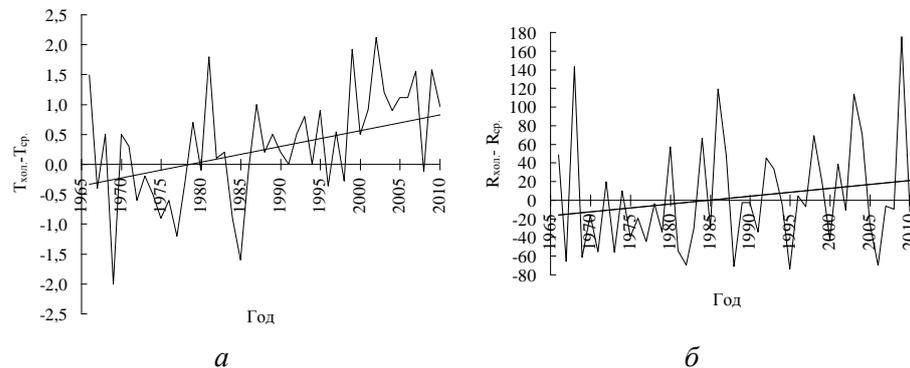
**Материалы и методы.** В ходе работ по созданию Атласа природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан выполнен анализ временных рядов температуры воздуха, осадков и характеристик снежного покрова горных районов Ка-

---

\* Институт географии, г. Алматы

захстана за период 1936...1998 и частично 2010 гг. [1, 4]. Рассмотрены данные наблюдений более чем 300 метеорологических станций и временных постов, 450 снегомерных площадок Казгидромета, расположенных в диапазоне высот 600...3000 м. Произведена выборка данных о максимальном суточном количестве осадков (за холодный период), а также продолжительности и повторяемости числа дней с сильными снегопадами за период с 1966 по 1989 гг. Для составления карт опасности и риска сильных снегопадов и снеговых нагрузок использованы опубликованные данные натуральных наблюдений Казгидромета, Института географии (ИГ) РК и методические разработки ряда организаций и отдельных авторов [9]. Проведена статистическая обработка величин средней температуры воздуха, осадков холодного периода, и величины средней из максимальных высот снежного покрова за год. На отдельных снегопунктах максимальные высоты пересчитаны в отклонения от среднего значения, которое выполнено, согласно рекомендациям ВМО.

**Результаты и интерпретация.** Отмечено повышение температуры воздуха в среднем за год и за холодный период (ноябрь – март) во всех высотных зонах хребтов Тянь-Шаня в пределах Казахстана. На рис. 1 показаны многолетние изменения средней температуры воздуха и осадков холодного периода (в отклонениях от нормы, рассчитанной за 1970...2000 гг.) на высокогорной станции наблюдений ИГ РК Большое Алматинское Озеро (БАО, Н = 2516 м н.у.м.).



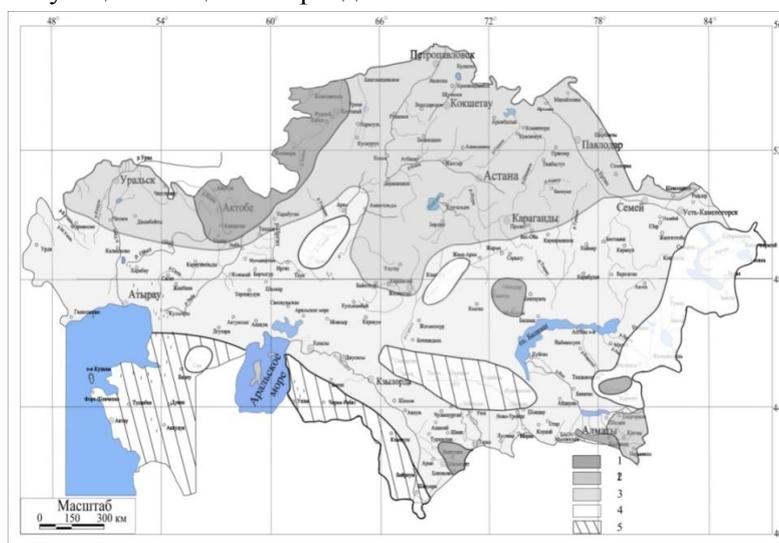
*Рис. 1. Многолетний ход отклонения средней температуры воздуха (а) и сумм осадков (б) от нормы за ноябрь – март и их линейный тренд в пункте наблюдения Большое Алматинское Озеро (2516 м н.у.м.).*

Заметно, что в ходе температуры воздуха за холодный период положительные аномалии преобладали. Менее уверенно можно указать на некоторое увеличение сумм осадков за ноябрь – март, начиная с 1990-х

годов. Анализ данных ряда станций показал, что и в других районах осадки холодного периода демонстрируют слабую тенденцию к увеличению.

Обобщенные данные позволяют сказать, что при большой межгодовой изменчивости существует определенная стабильность в выпадении суммарных осадков зимой в горах. В отдельные годы норма может быть превышена в 2 и более раз.

Для всей территории Казахстана нами выполнена оценка многолетних изменений сумм осадков за период залегания устойчивого снежного покрова (УСП) и рассчитаны линейные тренды. На рис. 2 представлено пространственное распределение коэффициентов линейных трендов сумм осадков, выпадающих за период УСП, за 1960...2000 гг. Наибольший рост осадков отмечается на М Ванновка (Аул Т. Рыскулова), М Блинково (Тасарык), на отдельных станциях юго-восточного Казахстана (Асы, Жаланаш, Алматы). В этих пунктах рост сумм осадков достигает 10 % \ 10 лет и более от нормы, рассчитанной для соответствующей станции за период 35...40 лет.



*Рис. 2. Пространственное распределение коэффициентов линейного тренда сумм осадков, выпадающих за период залегания устойчивого снежного покрова, за 1960...2000 гг. 1 –  $>1,0$ ; 2 –  $0,51 \dots 1,1$ ; 3 –  $<0,5$ ; 4 – отрицательный тренд; 5 – не определено.*

Пункты с отрицательными тенденциями изменения осадков расположены в основном в межгорных долинах Алтайских гор, Калбинского хребта, Жетысу (Джунгарского) Алатау. На некоторых станциях бассейнов рек Сарысу и Торгай и в Приаралье также отмечается слабое уменьшение осадков.

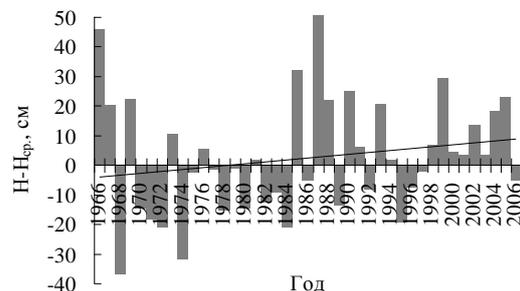
Для анализа изменения высоты снежного покрова использованы данные маршрутных снегосъемок, проводимых в бассейнах рек Шилик, Киши Алматы и Шалкодесу. Величины высоты снега, представленные в отклонениях от среднего, были осреднены для каждого бассейна. Рис. 3 дает наглядное представление об изменчивости высоты снега в этих бассейнах. Ход  $H_{\max}$  в сторону положительных отклонений от базовой нормы хорошо выражен на ряде снегопунктов бассейнов среднегорной зоны.

Большая изменчивость данного параметра снежности не позволяет установить значимую трендовую составляющую в рядах данных, однако тенденций к уменьшению не наблюдается. Как показывает анализ данных наблюдений по постоянной рейке, в начале и конце холодного периода в последние годы отмечается довольно раннее и, соответственно, позднее выпадение снега, зачастую небольшой мощности и не всегда образующего устойчивый снежный покров. Однако это приводит к тому, что площадь территории, покрытой снегом, не становится меньше год от года, что вполне согласуется с выводами об усилении атмосферной циркуляции и участвовавших в ходе южных циклонов в осенние и весенние месяцы [5, 12].

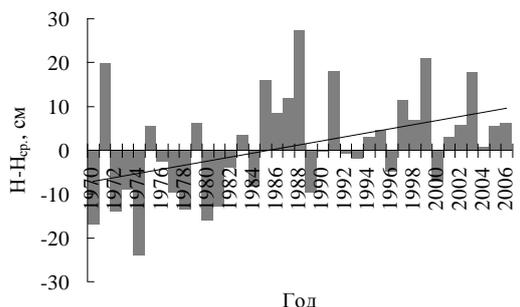
На основании данных наблюдений Казгидромета и Института географии над снежным покровом были получены 23 эмпирические зависимости средних и максимальных снегозапасов от высоты местности, которые затем были использованы для расчета снеговых нагрузок в горных районах. Рассмотрены и нанесены на карты данные о снеговой нагрузке 5 %-ной обеспеченности, которая соответствует повторяемости веса снежного покрова, возможного 1 раз в 20 лет. Кроме того, на картах отмечены пункты (местности, урочища, участки автодорог), в которых наблюдалось опасное явление с указанием даты события, его силы, интенсивности или иной характеристики. Более подробное описание события приводится в таблицах в текстовом приложении к картам.

Подготовленные материалы позволили впервые произвести районирование горной территории. Составлены карты опасности сильных снегопадов для горных районов страны в масштабе 1:500 000, где впервые достаточно детально показано распределение средней из максимальных высот снежного покрова и прирост высоты снега за отдельный снегопад. Понятие «опасности» нами рассматривалось как ситуация, в которой происходят в данный момент или могут происходить нежелательные события, вызывающие отклонения в состоянии здоровья и жизнедеятельности человека и состоянии окружающей среды. Уточним, что опасность явления мы рассматриваем с точки зрения по-

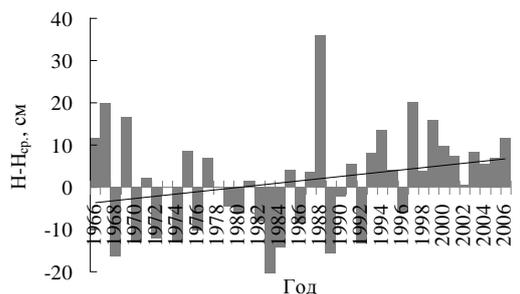
тенциальной угрозы жизни и здоровью людей, негативного влияния на жилые, промышленные, транспортные объекты, как уже в освоенных местностях с действующими сооружениями, так и в необжитых, труднодоступных, в настоящий момент, горных территориях.



1



2



3

Рис. 3. Отклонения от нормы максимальной за зиму высоты снежного покрова (см) и их линейные тренды, осредненные для бассейнов рр. Кишии Алматы (1), Шилик (2) и Шалкодесу (3). Отклонения рассчитаны относительно средней величины за 1970...2000 гг.

Большая часть средне- и высокогорной зоны хребтов, уже освоенных или перспективных для рекреационного освоения, строительства и эксплуатации жилых зданий и сооружений, попадает в градации значи-

тельной и сильной степени опасности обильных снегопадов. В горной зоне число дней со снегопадами достигает максимума: хр. Каратау (Ащысай) – 52 случая за рассмотренный период, хр. Огем (Шуулдак) – 105, Иле Алатау (Верхний Горельник) – 54, Тарбагатай (Алексеевка) – 39, Жетысу Алатау (Аралтобе) – 46, на Алтае (Карагужиха) – 69.

Значительная повторяемость сильных снегопадов отмечается в хребтах Огем, Кыргызский, Баралдай, Каратау, Каржантау, в отрогах Таласского Алатау (Южно-Казахстанская, Жамбылская области), где наблюдается от 1 до 7...10 и более дней с сильными снегопадами. Максимальный прирост снежного покрова за сутки составляет 54 см (М Ащысай), 37 см (М Шымкент). Свообразным «полюсом снежности» Казахстана являются хребты Оби, Ульби, Холзун, Тигирецкий, Листвяга на Алтае (Восточно-Казахстанская обл.). За зиму здесь наблюдается до 10 и более дней с сильными снегопадами. В пос. Малая Ульба в 1981 г. отмечен 21 день с сильными снегопадами (по данным метеорологических ежемесячников Казгидромета).

Прирост снега за сутки составляет 39 см (Зыряновск), 35 см (Риддер). Сильные снегопады наблюдаются в южных отрогах хребта Тарбагатай, на западе Жетысу Алатау (Алматинская обл.). В этих районах сильные снегопады отмечаются практически ежегодно, от 1...2 до 5...10 случаев в год. Максимальный прирост снега за сутки составляет 36 см (Бакты) и 33 см (Когалы).

Снеговые нагрузки в течение зимы вслед за увеличением высоты и плотности снега увеличиваются многократно, достигая максимума, как правило, весной. В Казахстане в многоснежные годы снеговые нагрузки в районах с устойчивым накоплением снега превышают средние многолетние значения на 50...100 %. В обычно малоснежных южных районах превышение может составить 200...300 %.

В горных районах Казахстана наблюдается наибольшая изменчивость величин снеговых нагрузок. В долине р. Громотуха (приток р. Ульби) в экстремальные по снежности годы на высоте 1400 м вес снежного покрова достигает 18 кПа за счет метелевых и снегопадных отложений.

Автором составлены карты районирования горной территории Казахстана по снеговой нагрузке в масштабе 1:500 000. В качестве примера на рис 4 показана карта опасности снеговых нагрузок для Алтая.

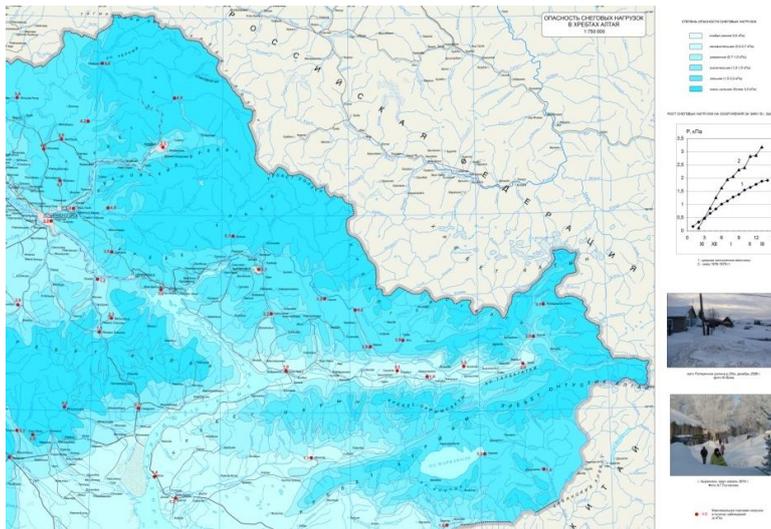


Рис. 4. Карта опасности снеговых нагрузок на Алтае. Условные обозначения: степень опасности снеговых нагрузок: слабая (менее 0,5 кПа); незначительная (0,5...0,7); умеренная (0,7...1,0); значительная (1,0...1,5); сильная (1,5...3,0); очень сильная (более 3,0 кПа).

На северном склоне Иле Алатау максимальные наблюдавшиеся снеговые нагрузки с поднятием вверх от 1000 до 4000 м изменяются от 0,6...1,2 до 6,5 кПа.

В горах Восточного Казахстана наибольшая опасность снеговых нагрузок характерна для бассейнов рек Оби, Ульби, Буктырма, снеговые нагрузки в диапазоне высот от 600 до 3000 м изменяются от 1,6 до 12 и более кПа. В Жетысу Алатау наибольшей заснеженностью отличаются бассейны рек, расположенные на макросклонах западной и юго-западной ориентаций – Коксу, Каратал. На высотах 2000...2200 м снеговые нагрузки достигают 3,0 кПа. В отрогах хребтов Кунгей и Терискей Алатау (бассейны рек Текес, Каркара, Шарын, Шалкодесу), в орографически закрытых Кегенской и Текесской котловинах, степень опасности снеговых нагрузок незначительная и большую опасность представляет метелевый перенос. Повышенное снегонакопление характерно для верховьев р. Темирлик.

В Кыргызском хребте наиболее заснежены бассейны рр. Мерке и Аспара. В хребте Каратау наибольшие снеговые нагрузки наблюдаются в районе рудника Ащысай. Здесь норма 1,0 кПа может быть превышена в 2...3 раза. Сильные зимние ветры перераспределяют снег, и опасность снеговых нагрузок возрастает. На западных и юго-западных склонах хребта Огем вес снежного покрова достигает больших значений и на высотах 3600...3800 м снеговые нагрузки могут составить 8 и более кПа. Большин-

ство населенных пунктов, расположенных в предгорьях хребтов Баралдай, Каржантау, Огем, гор Алатау и Кишиаксу, находятся в зоне умеренной и значительной опасности снеговых нагрузок. В многоснежные годы средние показатели могут быть превышены в 2...3 и более раз.

Используя карту расселения и откорректированную карту плотности населения страны (составленные В.П. Благовещенским), была сделана попытка анализа возможного ущерба от опасных явлений зимнего периода, связанных со снегом. Для обширных районов, обозначенных как «ненаселенные территории» и «постоянного населения нет», характерна незначительная и слабая опасность сильных снегопадов.

Это, прежде всего, пустынные и полупустынные районы, где повторяемость сильных снегопадов очень мала, и риск от возникновения данного явления низкий. Соответственно, опасность снеговых нагрузок оценивается как слабая.

Наибольшая площадь территории страны подвержена умеренной опасности сильных снегопадов. Эта территория включает как мало- и слабозаселенные районы, так и урбанизированные территории с плотностью населения более 100 чел/км<sup>2</sup>. При этом повторяемость данного явления высока в предгорных и горных районах востока, юга и юго-востока страны. Обширные области относятся к зонам повышенного и высокого риска сильных снегопадов. Это районы Восточно-Казахстанской, Алматинской и Южно-Казахстанской областей с плотностью населения градаций «2...10» и «10...50», а также более 100 чел/ км<sup>2</sup>. Для этих же районов характерна сильная степень опасности снеговых нагрузок и снегоотложений (рис. 5).



*Рис. 5. На фото справа - снеговые отложения в районе гляциологической станции «Ледник Туйыксу» ИГ РК, 5 апреля 2010 г. Фото В. Мишенина. Слева - снежные заносы в пос. Поперечное (долина р. Оби, Алтай). Декабрь 2006 г. Фото Ю.С. Боева.*

Полупустынные и пустынные районы, отнесенные к градациям «ненаселенные» и «постоянного населения нет», фактически являются зонами транзита, через которые проходят пути сообщения разных категорий, и независимо от плотности населения вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций здесь высока (не исключается гибель людей). Причиной

этого являются ветры и сильная метелевая деятельность на обширных территориях, включая равнины, предгорья и низкогорья. Даже при малом количестве твердых осадков и слабой опасности сильных снегопадов метелевый перенос существенно осложняет, а иногда полностью прерывает работу и эксплуатацию автомобильных и железных дорог.

Интерес представляет сопоставление карт опасности снегоотложений с картой валового регионального продукта. Становится ясно, что все области Казахстана с разной плотностью населения и разным объемом валового продукта подвержены разной степени опасности снежных заносов и нарушения обычного ритма жизни. В зону постоянной опасности попадают все территории с объемом валового продукта от 1 000 до 2 000 и более млн. тенге. Ежегодно возникает и будет возникать угроза перерыва межгосударственного и внутриреспубликанского сообщения.

Сообщения, публикуемые в СМИ и на сайте Казавтодора [6, 8], свидетельствуют о ежегодно возникающих чрезвычайных ситуациях, связанных со снегом. Так, в феврале 2005 г. в Жамбылской области из-за обильных снегопадов была прервана связь с отдаленными населенными пунктами и животноводческими зимовками, останавливался городской транспорт, закрывались участки трассы, имелись человеческие жертвы. Общий ущерб составил более 4 млрд. тенге. 11 февраля 2012 г. в селах Шакпак, Жанаталап и Бестогай Байдибекского района 53 дома были занесены снегом, толщина которого достигала 5 м.

8-9 марта 2010 г. остановлено движение 9 поездов в направлении Семей – Алматы, Актогай – Достык – Урумчи, количество пассажиров – 2436 чел. [6].

Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций велика в Южно-Казахстанской и Жамбылской областях, где высока плотность населения, находится много промышленных объектов, проходит автотрасса республиканского значения Алматы – Ташкент. Не менее 60 км общей длины трассы подвержено снежным заносам. В результате сильных снегопадов и последующего массового схода лавин в горных районах Восточно-Казахстанской, Алматинской областей движение останавливается на несколько часов или даже несколько суток, так как расчистка завалов требует много времени.

В этой связи, требует более пристального внимания учет максимальных снеговых нагрузок при проектировании курорта Кокжайлау. Согласно проекту, предполагается сооружение 3 ресторанов и около 20 зданий различного назначения при максимальном присутствии 12 тыс. чел. отдыхающих и персонала в сутки [3]. В многоснежные зимы 1966, 1969, 1987, 2004 гг. средняя толщина снежного покрова в долинах

рр. Верхний Горельник, Чимбулак превышала 100 см. Приращение высоты снежного покрова за снегопад на М Верхний Горельник в марте 1966 г. составило почти 60 см. Данные факты не нашли отражения в ТЭО курорта [10]. А ведь создаваемые снеговые нагрузки превышают 3 кПа, при этом возможно разрушение сборных зданий, складов, крытых стоянок, обрушение карнизов и крыш, что создает угрозу жизни людей.

**Заключение.** Оценка изменения некоторых климатических характеристик горных территорий Казахстана дает возможность утверждать, что увеличение средней температуры воздуха в холодный сезон года не является показателем уменьшения снежности территории. За последние 10 лет в различных местах отмечены аномальные снегопады и повышенные снеговые нагрузки и снегоотложения. Районирование территории Казахстана по степени опасности сильных снегопадов и снеговых нагрузок показало, что ареалы со значительной и сильной степенью опасности приурочены к горным районам. Нанесенный ущерб зависит во многом от степени хозяйственного освоения, а также подготовленности территории и населения к экстремальным явлениям. При современной интенсивности туристско-рекреационной деятельности возможно увеличение степени опасности и риска освоения горной территории, что не всегда находит отражение в предпроектной документации. Географическое положение Казахстана не оставляет сомнения в том, что даже в условиях глобального потепления, население и хозяйство страны в ближайшие десятилетия будет подвержено воздействию опасных явлений, связанных со снегом.

Работы выполнены при поддержке программы научно-прикладных исследований МОН РК «Создание Атласа природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан. – Алматы: Казгеодезия, 2010. – 264 с.
2. Борзенкова А.В., Шмакин А.Б. Изменения толщины снежного покрова и точной интенсивности снегопадов, влияющие на расходы по уборке магистралей в российских городах. // Лед и Снег. – 2012. – №2(118). – С. 59-70.
3. Горнолыжный курорт Кокжайлау. ОВОС (книга 2) [Электрон. ресурс]. – 2014. – URL: <http://www.almatytourism.kz> (дата обращения: 24.04.2014)
4. Ежегодники по снежному покрову. – Л.: Гидрометеиздат, Вып. 18. 1950-1964.

5. Кононова Н.К. Календарь смены ЭЦМ за 1899-2012 гг. [Электрон. ресурс]. – URL: <http://www.atmospheric-circulation.ru> (дата обращения 20.06.2013).
6. Минтранском распространил информацию по ограничениям на автодорогах [Электрон. ресурс]. – URL: <http://www.kazavtodor.kz> (дата обращения 20.02.2012)
7. Олейников А.Д., Володичева Н.А. Экстремальные зимы 20-21 вв. как индикаторы снежности и лавинной опасности в условиях прошлого и прогнозируемого изменений климата // Лед и Снег. – 2012. – №3 (119). – С. 52-57.
8. Происшествия за 2005 г. [Электрон. ресурс]. – 2005. – URL: <http://www.inform.kz> (дата обращения 31.03.2010)
9. Северский И.В., Благовещенский В.П. Лавиноопасные районы Казахстана. – Алма-Ата: «Наука», 1990. – 172 с.
10. ТЭО лыжного курорта «Кокжайлау». ПредОВОС, т.1, ред. 3.2. [Электрон. ресурс]. – 2012. – URL: <http://www.almatytourism.kz> (дата обращения 24.04.2014)
11. Шмакин А.Б. Климатические характеристики снежного покрова Северной Евразии и их изменения в последние десятилетия. // Лед и Снег. – 2010. – № 1(109). – С. 43-57.
12. Pimankina N., Kononova N.K., Yeriskovskaya L.A. Analysis of the influence of atmospheric circulation onto the fluctuations of the Tuyuksu Glacier mass balance (Ile Alatau mountains) // Abstract Proceedings. Davos Atmosphere and Cryosphere Assembly DACA-13. July 8-12, 2013. – P. 1116.

Поступила 22.05.2014

Геогр. ғылымд. канд. Н.В. Пиманкина

#### **ҚАЗАҚСТАН АУЛАРЫНДАҒЫ ҚАР ЖҮКТЕМЕЛЕРІ, ҚАУІПТІ КҮШТІ ҚАР КӨШКІНДЕРІ МЕН КЛИМАТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕР**

*Мақалада Қазақстанның таулы аудандарындағы қазіргі климаттың бірнеше аймырамышылықтары қарастырылған. 1:500 000 масштабта таулардағы қар жүктемелері мен күшті қар көшкіндерінің орналасу картасы құрылып және оған талдау жасалды. ТЖ талдауы жалпы өнім көлемі мен халықтың орналасу тығыздығына байланысты емес Қазақстандағы жойқын құбылыстардан болатын жоғарғы шығынды көрсетеді.*

УДК 551.5(574)

Л.А. Ерисковская \*

**ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ  
НА ЛЕДНИКЕ ТУЙЫКСУ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ***ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, СУММА ОСАДКОВ, ТЁПЛЫЙ ПЕРИОД,  
СИНОПТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, КЛИМАТ*

*Проанализированы суммы осадков и средние месячные температуры воздуха за период 1973...2013 гг. Подсчитаны доли (в %) твердых, жидких и смешанных осадков при средней многолетней температуре воздуха за теплый (май – сентябрь), летний (июнь – август) период и за каждый месяц с мая по сентябрь. Определено, при какой среднемесячной температуре воздуха выпадают твердые, смешанные, жидкие атмосферные осадки на леднике Туйыксу в летнее время при различных синоптических процессах (по типизации Б.Л. Дзердзеевского) за периоды: 2003...2012 гг. и 1971...2012 гг. Рассмотрено изменение элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) за летний сезон.*

**Введение.** В связи с глобальным потеплением климата повышается средняя температура воздуха, что вызывает увеличение абсолютной высоты снеговой линии. Вместе с тем в питании ледников немалую роль играют не только твердые и 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 м температура воздуха в летнее время в районе ледника Туйыксу (Туюксу) Илейского Алатау (Заилийского Алатау) уменьшается на 0,7 °С [1], что позволяет с достаточно высокой точностью определить на каком температурном фоне выпадают летние осадки и при каких условиях происходит переход осадков из одного фазового состояния в другое. 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, выпавшие из теплой воздушной массы вплоть до водоразделов ледников, полностью смывали снег, отложенный в зим-

---

\* Институт географии, г. Алматы

ний сезон, и обнажали фирновые и ледяные поверхности. Граница питания или, иначе говоря, снеговая линия в этих случаях резко уходит вверх или вообще исчезает с обнаженной поверхности ледника. 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 альбедо. Жидкие осадки в области языков способствуют усилению таяния снега и льда даже в том случае, когда температура дождя лишь незначительно выше 0 °С. Выпадая на ледяную поверхность, они тотчас стекают вниз.

Все эти особенности влияния осадков на режим ледника важно критически оценивать и учитывать при расчетах баланса его массы.

Ниже предпринята попытка показать, в каком фазовом состоянии находятся атмосферные осадки при разных синоптических ситуациях, чтобы получить 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.

Для рассмотрения этого вопроса взят репрезентативный ледник Туйыксу, расположенный в Илейском Алатау на северном хребте Тянь-Шаня. Его географические координаты: 43,05° с.ш. и 77,08° в.д., максимальная высота 4219 м (пик Погребецкого), средняя высота окружающих хребтов 4200 м. Он относится к ледникам долинного типа, на долю которых приходится подавляющая площадь оледенения Тянь-Шаня. Ледник Туйыксу занимает элитное место, в значительной мере являясь представительным для всей горной страны, и стоит по изученности и продолжительности периода исследований на одном из первых мест в десятке наиболее изученных ледников мира. Здесь с 1972 г. ведутся круглогодичные наблюдения на гляциологическом стационаре Института географии Казахстана, расположенном на высоте 3450 м на морене возле ледника. Обработанные данные по леднику Туйыксу, входящему в систему Мировой службы мониторинга ледников, публикуются в бюллетенях этой службы.

**Метеорологические исследования.** Главным фактором интенсивного таяния ледника, несмотря на увеличение накопленных зимних осадков, является повышение температуры воздуха в теплый период в основном в летние месяцы [4, 6]. За период с 1973...2013 гг. температура

воздуха и осадки на леднике Туйыксу возрастали. В начале периода температура составила 4,8 °С, в конце – 5,3 °С, сумма осадков в начале периода была равна 381,3 мм, в конце 408,1 мм. Наибольшее количество осадков было в середине последнего десятилетия 20-века (рис. 1).

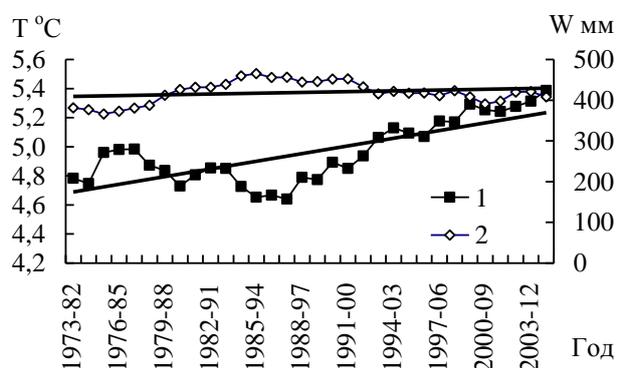


Рис. 1. Изменение скользящих метеозначений по 10-летиям за летний период и их линейные тренды на станции Туйыксу (1973...2013 гг.). 1 – температура воздуха, 2 – сумма осадков.

По данным натурных наблюдений на гляциологической станции Туйыксу, в середине 90-х годов 20-го века смешанные осадки увеличивались, твердые уменьшались, жидкие незначительно уменьшались. В целом за исследуемый период: смешанные осадки увеличиваются, твердые – уменьшаются, жидкие – возрастают (рис. 2).

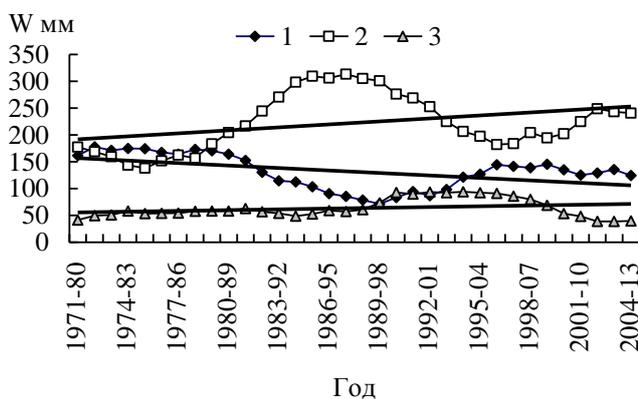


Рис. 2. Изменение скользящих сумм осадков по 10-летиям на станции Туйыксу за летний период (1971...2013 гг.). 1 – твердые, 2 – смешанные, 3 – жидкие осадки и их линейные тренды.

При более детальном рассмотрении (табл. 1) следует, что твердые осадки преобладают в мае и сентябре. В июне твердые (т) и смешанные

(с) осадки почти равны, в июле и августе преобладают смешанные осадки. В целом за летний период с июля по август преобладают смешанные осадки, а за теплый период (с мая по сентябрь) – твердые.

Таблица 1

Средние многолетние значения осадков в % по станции Туюксу за период 1971...2013 гг.

Май (Т = -0,2 °С)			Июнь (Т = 3,3 °С)			Июль (Т = 5,8 °С)			Август (Т = 5,9 °С)			Сентябрь (Т = 2,2 °С)		
т	с	ж	т	с	ж	т	с	ж	т	с	ж	т	с	ж
74	23	3	44	47	9	26	55	19	26	52	22	70	24	6
июнь – август (Т = 5,0 °С)						май – сентябрь (Т = 3,4 °С)								
т		с		ж		т		с		ж				
32		52		16		48		40		12				

*Примечание:* Т – средняя многолетняя температура воздуха. т – твердые, с – смешанные, ж – жидкие осадки.

Для определения того, сколько воды из смешанных осадков уйдет в сток, а сколько замерзнет на леднике – необходимы дальнейшие специальные гидрологические исследования.

**Синоптические процессы.** Большое влияние на все метеовеличины оказывают синоптические процессы. Для такого анализа использовалась типизация макроциркуляционных процессов, разработанная Б.Л. Дзердзеевским для Северного полушария [2, 3]. В отдельную группу им выделена меридиональная южная циркуляция (тип 13) – состояние атмосферы с циклонической циркуляцией на полюсе, отсутствием блокирующих процессов на полушарии и тремя-четырьмя одновременными выходами южных циклонов в разных секторах полушария. Именно с этой группой с начала 1980-х годов (максимум приходится на 1989 г.) и в настоящее время связано большинство метеорологических экстремумов, в том числе и в Арктическом бассейне, и в горных районах. Наблюдается рост повторяемости южных циклонов, имеющих малые радиусы действия, большие скорости перемещения и резкие контрасты температур на фронтах, вызывающие увеличение амплитуды колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков в разных регионах, в частности, в горных районах в тёплое время года [7].

При исследовании синоптических процессов использовались данные с сайта [http:// www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru). На их основе устанавливалась продолжительность выпадения осадков (сутки) при различных

типах циркуляции. Наибольшее количество осадков на леднике Туйыксу, как отмечалось в работе [4], выпадало при ЭЦМ 13л в основном в летний период [6]. В случае ЭЦМ 13л полярное вторжение отсутствует, отмечаются обширная депрессия над Арктическим бассейном и циклоническая деятельность на континентах [8]. В 20 в. число суток с ЭЦМ 13л возросло. Правда, в конце столетия число суток с выпадением осадков при ЭЦМ 13л на леднике Туйыксу стало уменьшаться, но влияние данного типа циркуляции ещё велико.

Как рассматривалось в статье [4], на леднике Туйыксу обильные осадки в основном выпадали при южном меридиональном типе 13л. В середине 20-го века произошло резкое увеличение количества суток с выпадением осадков при ЭЦМ 13л, тогда как количество с ЭЦМ 4 (северные вторжения), более благоприятные для оледенения, уменьшилось [6]. В связи с уменьшением ЭЦМ 13л происходит увеличение других синоптических процессов в основном 12-й тип (рис. 3а, 3б). При ЭЦМ 12бл и 12вл средиземноморские циклоны выходят на Казахстан. Рост суммарной продолжительности ЭЦМ 12-го и чередование их с ЭЦМ 13-го типа создали наилучшие условия для обострения атмосферных фронтов, формирования обильных осадков и резких контрастов температуры воздуха [7].

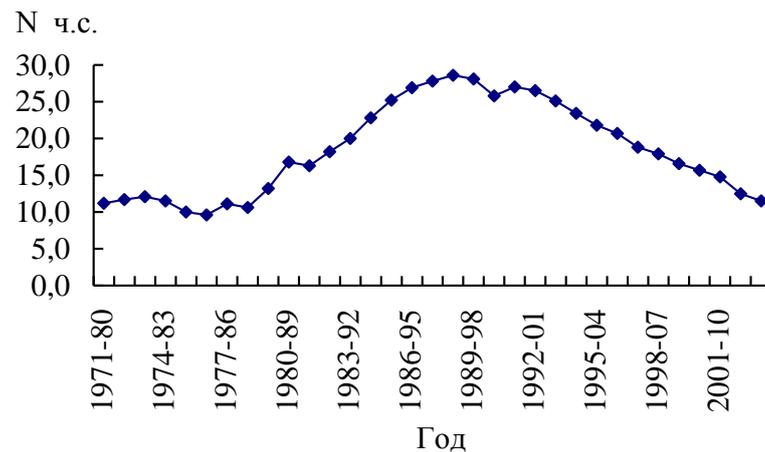


Рис.3 а. Изменение скользящих по 10-летиям числа суток с осадками за летний сезон за период 1971...2013 гг. при ЭЦМ 13л на леднике Туйыксу.

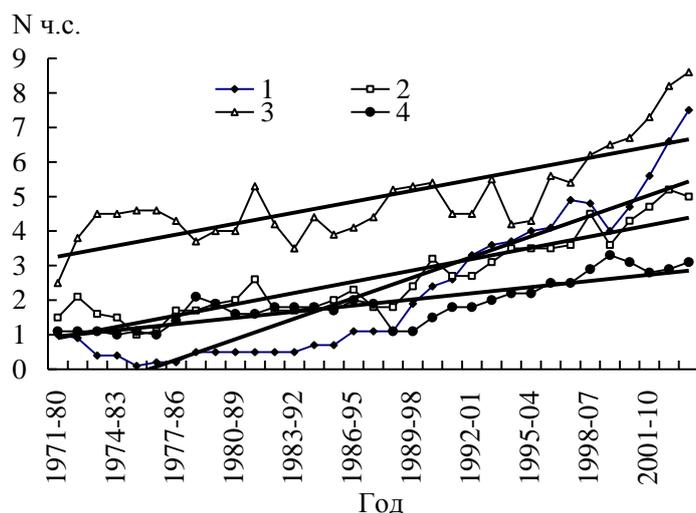


Рис. 3б. Изменение скользящих по 10-летиям числа суток с осадками при различных ЭЦМ на леднике Туйыксу за летний сезон и их линейные тренды за период 1971...2012 гг.: 1 – 12а, 2 – 12л, 3 – 9, 4 – 3.

Осадки на станции Туйыксу за летний период с 1971...2002 гг. выпадали при более низкой температуре [5] – твердые при 2,1 °С, смешанные при 3,9 °С, жидкие при 5,9 °С. За период с 2003...2012 гг. твердые осадки выпадали при 3,6 °С, смешанные – при 4,8 °С, жидкие – при 6,2 °С (табл. 2а). В целом за период наблюдений с 1971...2012 гг твердые – при 2,8 °С, смешанные – при 4,2 °С, жидкие – при 6,1 °С (табл. 2б). Несмотря на глобальное потепление, количество твердых осадков в процентном отношении почти не уменьшилось за последнее десятилетие, по сравнению с периодом 1971...2002 гг.[5] (табл. 1), но выпадали они в основном в ночное, утреннее и вечернее время, когда температура воздуха значительно ниже средней суточной.

Таблица 2а

Метеозначения при различных типах ЭЦМ за летний период (2003...2012 гг.) на леднике Туйыксу

ЭЦМ	N	Твердые		Смешанные		Жидкие	
		W, мм	T, °C	W, мм	T, °C	W, мм	T, °C
1	3	-	-	18,9	5,2	-	-
2	14	98	3	30,3	3,9	37,7	5,0
3	32	97,6	12,3	58,3	16,9	40,9	12,0
4	25	43,6	1,2	140,9	5,2	41,0	5,0
6	15	77,3	3,2	5,0	4,3	35,5	5,9

ЭЦМ	N	Твердые		Смешанные		Жидкие	
		W, мм	T, °C	W, мм	T, °C	W, мм	T, °C
7л	8	19,3	4,4	17,7	3,8	37,1	6,2
8а	10	4,3	2,9	9,1	5,5	18,1	1,6
8б	16	76,0	4,5	39,3	4,4	85,1	5,4
8в	7	10,7	4,6	9,9	0,7	19,3	5,7
8гл	4	9,4	4,2	9,2	2,8	5,9	7,6
8гз	2	6,8	2,2	-	-	-	-
9	89	356,4	3,2	326,9	3,7	115,7	6,6
10	31	34,8	4,0	230,6	4,4	18,9	5,3
12а	70	268,6	4,7	350,6	10,5	112,5	8,9
12г	1	-	-	10,0	0,5	-	-
12л	50	190,2	2,0	164,3	3,8	69,8	5,8
12з	3	21,0	-0,9	10,5	2,4	-	-
13л	107	248,8	2,5	456,4	4,4	170,7	6,2
Σ	487	1562,8	58,0	1887,9	82,4	808,2	87,2
Ср. зн.			3,6		4,8		6,2

*Примечание:* N – количество суток, при которых выпадают осадки, W – сумма осадков, T – средняя суточная температура воздуха, Σ – сумма величин по столбцам.

Таблица 26

Метеозначения при различных типах ЭЦМ за летний период  
(1971...2012 гг.) на леднике Туяксу

ЭЦМ	N	Твердые		Смешанные		Жидкие	
		W, мм	T, °C	W, мм	T, °C	W, мм	T, °C
1	6	0,2	5,9	20,2	5,2	-	-
2	174	415,1	2,6	606,6	4,1	236,5	5,8
3	84	291,7	6,6	183,5	11,1	170,0	9,0
4	204	560,0	2,2	684,3	4,6	180,4	5,8
5	14	58,0	3,8	15,9	5,9	11,7	8,3
6	73	265,3	2,7	256,2	3,6	119,6	5,7
7л	62	234,7	3,3	293,2	3,4	89,3	5,6
8а	56	225,9	2,2	166,4	5,0	35,1	3,8
8б	47	119,8	3,2	201,0	4,2	172,5	6,0
8в	36	71,6	4,2	165,4	2,4	98,4	5,7
8гл	36	87,0	2,4	82,7	3,3	27,4	6,4
8гз	2	6,8	2,2	-	-	-	-
9	227	736,3	2,8	879,6	4,0	286,3	6,4
10	140	307,5	3,1	768,5	4,1	88,8	5,4
11	17	36,9	-0,1	53,0	3,2	24,1	6,0
12а	123	398,3	4,1	489,3	7,3	172,1	8,2
12г	2	0,7	2,2	10,0	0,5	-	-

ЭЦМ	N	Твердые		Смешанные		Жидкие	
		W, мм	T, °C	W, мм	T, °C	W, мм	T, °C
<i>12л</i>	128	392,2	2,2	549,8	3,8	163,4	6,1
<i>12з</i>	7	96,1	-1,8	24,8	1,6	0,2	3,5
<i>13з</i>	1	-	-	2,0	3,8	-	-
<i>13л</i>	746	1643,8	2,4	3107,4	4,0	779,7	6,2
$\Sigma$	2185,0	5947,9	56,2	8559,8	85,1	2655,5	103,9
<i>Ср.зн</i>			2,8		4,2		6,1

*Примечание:* См. табл. 2а.

Как сказано выше, несмотря на увеличение северных вторжений, на леднике Туюксу за летний период (1973...2013 гг.) сумма осадков увеличилась, но незначительно (рис. 1). Средняя месячная температура воздуха возрастала, так как сказывалось еще влияние ЭЦМ *13л*, который начал уменьшаться [4] (рис. 3а), но количество суток с выпадением осадков еще достаточно велико при данном типе циркуляции. Стали возрастать другие типы циркуляции, в основном *12-й* (табл. 3б).

**Закключение.** Для оледенения Заилийского Алатау и соседних хребтов увеличение северных вторжений с понижением температуры воздуха в летний период является благоприятным, так как уменьшается таяние снега и льда. Это влияет на изменение фазового состава осадков, увеличивается количество твердых, уменьшается испарение. Твердые осадки преобладают в мае и сентябре, в летний период – смешанные. За последнее десятилетие осадки стали выпадать при более высокой температуре воздуха. Количество суток с выпадением осадков при ЭЦМ *13л* уменьшается, и стали возрастать другие типы циркуляции, в основном *12-й*. При ЭЦМ *12бл* и *12вл* средиземноморские циклоны выходят на Казахстан. Рост суммарной продолжительности ЭЦМ *12-го* и чередование с ЭЦМ *13-го* типа создали наилучшие условия для обострения атмосферных фронтов, формирования обильных осадков и резких контрастов температуры воздуха.

Несмотря на процесс глобального потепления, горные ледники, играющие важную роль в водном балансе аридных территорий, не будут катастрофически разрушаться.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в 20 веке – Алматы: Казахский университет, 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.: Гидрометеиздат, 1975. – 285 с.
4. Ерисковская Л.А. Метеорологическая обусловленность колебания границы питания на леднике Туюксу // Гидрометеорология и экология. – 2005. – № 2. – С. 79-88.
5. Ерисковская Л.А. Фазовый состав атмосферных осадков на леднике Туйыксу // Гидрометеорология и экология. – 2006. – № 4. – С. 108-117.
6. Ерисковская Л.А. Метеорологическая характеристика режима ледника Туюксу // МГИ. – 2009. – Вып. 107. – С. 130-136.
7. Кононова Н.К. Исследование многолетних колебаний циркуляции атмосферы Северного полушария и их применение в гляциологии // МГИ. – 2003. – Вып. 95. – С. 45-65.
8. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Отв. ред. А.Б. Шмакин; Ин-т географии РАН – М.: 2009. – 372 с.

Поступила 18.02.2014

Л.А. Ерисковская

### **СОҢҒЫ ЖЫЛДАРДАҒЫ ТҰЙЫҚСУ МҰЗДЫҒЫНА ТҮСКЕН АТМОСФЕРАЛЫҚ ЖАУЫН-ШАШЫНДАРДЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ**

*1973...2013 жж көпжылдардағы кезеңінде орташа айлық ауа температурасы мен жауын-шашын жиынтығының өзгерісіне талдау жасалды. Жылы кезеңдегі (мамыр-қыркүйек) орташа көпжылдық ауа температурасы кезінде қатқыл, суық, аралас жауын-шашындардың (%-дағы үлесі есептелінді, жаз кезіндегі (маусым-тамыз), әр айдағы мамырдан қыркүйек аралағындағы, ал мұндай орташа айлық ауа температурасында әртүрлі синоптикалық процесс кезінде жазғы уақытта Тұйықсу мұздығына қатқыл, аралас, сұйық атмосфералық жауын-шашындар түседі 2003...2012, 1971...2012 жж кезеңдердегі (Б.Л.Дзердзеевскийдің типизациялауы бойынша). Жазғы маусымдағы уақтылы ҚЦМ (қарапайым циркуляциялық механизмдер) өзгерістері қарастырылған.*