



Научная статья

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В КАЗАХСТАНЕ В ЗИМНИЙ СЕЗОН 2024-2025 гг. И ЕГО МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Бакыт Т. Жездібәева , Аружан Ә. Әбілқаді , Акмарал Б. Смагулова , Айзат Е. Жаксыбаева , Айдарбек М. Султанкулов 

РГП «Казгидромет», г. Астана, Казахстан; zhezdiybayeva_b@meteo.kz (ЖБТ), abilkadi_a@meteo.kz (ӘАӘ), smagulova_ak@meteo.kz (САБ), zhaksybayeva_a@meteo.kz (ЖАЕ), sultankulov_a@meteo.kz (САМ)

*Автор корреспонденции: Аружан Ә. Әбілқаді, abilkadi_a@meteo.kz

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

снежный покров, мониторинг, запасы воды в снеге, водный баланс, метеорологические наблюдения, зимний сезон 2024...2025 гг.

АБСТРАКТ

В работе проанализированы пространственно-временные особенности снежного покрова на территории Казахстана в зимний сезон 2024...2025 гг., а также выполнена оценка многолетних трендов основных характеристик снежности (число дней со снежным покровом, максимальная высота и запас воды в снеге) за период 1970...2025 гг. на основе данных государственной наблюдательной сети РГП «Казгидромет». Показано, что в зимний сезон 2024...2025 гг. на фоне сокращения числа дней со снежным покровом в большинстве регионов в северных и центральных областях сформировались повышенные снеготопливы, тогда как на юге страны наблюдался их дефицит. Статистически значимое увеличение линейного тренда максимальной высоты снежного покрова и запасов воды в снеге выявлено на севере и востоке страны, а также в Ертысском, Есильском и Тобыл-Торгайском водохозяйственных бассейнах, тогда как снижение снеготоплив отмечено в Арало-Сырдарьинском бассейне. Статистически значимое сокращение числа дней со снежным покровом не выявлено. Полученные результаты имеют практическое значение для оценки водных ресурсов, прогнозирования весеннего половодья и разработки мер адаптации к современным климатическим изменениям.

1. ВВЕДЕНИЕ

Снежный покров является одним из ключевых компонентов климатической системы суши и играет важную роль в формировании энергетического и водного баланса территорий. Его наличие и характеристики оказывают существенное влияние на теплообмен между подстилающей поверхностью и атмосферой, альбедо земной поверхности, а также на процессы аккумуляции и перераспределения влаги [1...2].

В регионах с континентальным климатом снежный покров служит основным источником питания рек в весенний период, определяя величину и сроки половодья [3].

Для территории Казахстана, характеризующейся резко континентальным климатом, значительными сезонными колебаниями температуры воздуха и неравномерным распределением осадков, состояние и динамика снежного покрова имеют особое природно-хозяйственное значение. Пространственная неоднородность снежного покрова обусловлена разнообразием физико-географических условий страны — от равнинных степных и пустынных районов до горных систем Тянь-Шаня и Алтая [4...5]. Изменения мощности и продолжительности залегания снежного покрова напрямую отражаются на водообеспеченности сельского хозяйства, функционировании водохранилищ и риске возникновения паводков [6].

По статье:

Получено: 24.12.2025

Пересмотрено: 13.04.2026

Принято: 16.09.2026

Опубликовано: 30.09.2026

Для цитирования:

Жездібасева Б., Әбілқадір
А., Смағұлова А.,
Жаксыбаева А.,
Султанқұлов А.,
Мониторинг состояния
снежного покрова в
Казахстане в зимний сезон
2024-2025 гг. и его
многолетних изменений//
Гидрометеорология и
экология, 123 (3), 2026, 45-
54.

Современные климатические изменения, проявляющиеся в росте температуры воздуха и изменении режима осадков, оказывают заметное влияние на характеристики снежного покрова. Согласно оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата, повышение температуры воздуха приводит к изменениям характеристик снежного покрова, включая сокращение продолжительности его залегания и смещение сроков снеготаяния [7]. Эти изменения усиливают неопределённость в прогнозах водных ресурсов и требуют постоянного мониторинга снежных условий. Аналогичные тенденции отмечаются в странах Азии, где в последние годы наблюдаются существенные климатические аномалии, оказывающие влияние на гидрологический режим и состояние криосферы [8].

Традиционные методы наблюдений за снежным покровом, основанные на данных метеорологических станций и маршрутных снегомерных съёмов, не всегда обеспечивают достаточную пространственную репрезентативность, особенно для обширных и труднодоступных территорий Казахстана [9]. В связи с этим всё более широкое применение находят методы дистанционного зондирования Земли, позволяющие получать оперативную и пространственно детализированную информацию о площади, продолжительности залегания и динамике снежного покрова [10...12]. Спутниковые данные MODIS и Sentinel активно используются для анализа сезонных и межгодовых изменений снежного покрова в различных природных зонах.

Современные исследования свидетельствуют о значительной межгодовой изменчивости снегопадов и характеристик снежного покрова в Центральной Азии, обусловленной влиянием крупномасштабных атмосферных процессов и изменением климатических условий [13]. Анализ спутниковых данных также указывает на существенные изменения продолжительности залегания снежного покрова и его пространственного распределения в регионе за последние десятилетия [14]. Для территории Казахстана установлены изменения пространственного распределения снегозапасов, наиболее выраженные в восточных районах страны [15].

В последние годы особое внимание уделяется исследованию изменений снежного покрова в горных районах Азии, являющихся важнейшими источниками водных ресурсов. Результаты спутникового мониторинга и климатического моделирования свидетельствуют о сокращении площади и продолжительности залегания снежного покрова, а также об изменении режима снеготаяния в условиях современного потепления климата [16...19]. Установлено, что данные изменения оказывают существенное влияние на формирование речного стока и водообеспеченность регионов, зависящих от снегового питания.

По данным климатических обзоров РГП «Казгидромет», характеристики снежного покрова на территории Казахстана отличаются значительной пространственной изменчивостью, обусловленной особенностями атмосферной циркуляции и физико-географическими условиями регионов [20...21]. В связи с этим анализ особенностей снежного покрова представляет научный и практический интерес с точки зрения оценки современных климатических тенденций и их влияния на водные ресурсы страны.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование изменений параметров снежного покрова выполнено на базе наблюдательных данных 211 метеорологических станций и 47 агрометеорологических и гидрологических постов государственной сети РГП «Казгидромет» [22]. Для анализа климатической изменчивости использованы материалы 182 длинорядных метеорологических станций, представленные в Республиканском гидрометеорологическом фонде. Пространственное обобщение временных рядов аномалий осуществлялось по территории Казахстана с разделением на 17 областей и 8 водохозяйственных бассейнов.

Оценка состояния снежного покрова для каждого зимнего сезона выполняется на основе данных за период с 1 июля предыдущего года по 30 июня текущего года. Аномальные значения определялись как отклонения фактических значений от среднемноголетних показателей, полученных для базового интервала 1991...2020 гг.

Для оценки изменений характеристик снежного покрова за период 1970...2025 гг. применяются коэффициенты линейных трендов, рассчитываемые методом наименьших квадратов. В качестве показателя статистической значимости тренда используется коэффициент детерминации, характеризующий долю вклада трендовой составляющей в общую дисперсию климатической переменной за рассматриваемый временной интервал (в %). Тренд считается статистически значимым при уровне значимости $\alpha \leq 0,05$.

Сезон 2024...2025 гг. рассмотрен для характеристики современного состояния снежного покрова и выявления его аномалий, тогда как анализ рядов наблюдений за 1970...2025 гг. выполнен для оценки долгосрочных тенденций и определения, являются ли особенности рассматриваемого сезона проявлением устойчивых климатических изменений или результатом естественной межгодовой изменчивости.

Дополнительно оценивались межгодовая изменчивость характеристик снежного покрова с использованием среднеквадратического отклонения и положение текущих значений в многолетнем ряду на основе ранговой оценки. Низкие значения среднеквадратического отклонения указывают на относительно устойчивый характер показателя и небольшую межгодовую изменчивость, тогда как высокие значения свидетельствуют о значительных колебаниях показателя от года к году. При ранжировании 1-й ранг соответствовал максимальному, а 55-й – минимальному значению. Ранговая оценка позволила определить положение характеристик снежного покрова зимы 2024...2025 гг. в многолетнем ряду и выявить территории с близкими к максимальным или минимальным значениями.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зимний период 2024...2025 гг. на территории Республики Казахстан характеризовался выраженной пространственной неоднородностью снежного покрова. На большей части страны отмечалось сокращение продолжительности снежного периода, тогда как запасы воды в снеге и максимальная высота снежного покрова распределялись крайне неравномерно.

Отрицательные аномалии числа дней со снегом наблюдались практически во всех регионах, наиболее выраженные – в северных и юго-восточных областях. Исключение составили Улытауская и Кызылординская области, где продолжительность снежного периода оказалась выше климатической нормы. Наибольшие положительные аномалии запасов воды в снеге зарегистрированы в северных и центральных регионах, прежде всего в Акмолинской, Костанайской и Павлодарской областях. Напротив, южные и западные области характеризовались устойчивым дефицитом снеготопливных запасов. Максимальная высота снежного покрова изменялась менее контрастно, однако также демонстрировала выраженную широтную дифференциацию: положительные аномалии преобладали в северных и восточных регионах, отрицательные — на юге и западе страны (таб.1, рис. 1).

Анализ среднеквадратического отклонения показал, что наиболее высокая изменчивость числа дней со снегом отмечена в Алматинской, Акмолинской, Абайской и Туркестанской областях, тогда как наиболее устойчивые значения характерны для Павлодарской, Северо-Казахстанской и Западно-Казахстанской областей. По запасам воды в снеге наиболее высокие значения среднеквадратического отклонения отмечены в области Жетысу, области Абай и Восточно-Казахстанской области, а по максимальной высоте снежного покрова – в Акмолинской, Абайской, Восточно-Казахстанской областях и области Жетысу. В целом наиболее значительная межгодовая изменчивость характеристик снежного покрова отмечается преимущественно в восточных и юго-восточных регионах, а также в отдельных северных и южных областях Казахстана (таб.1).

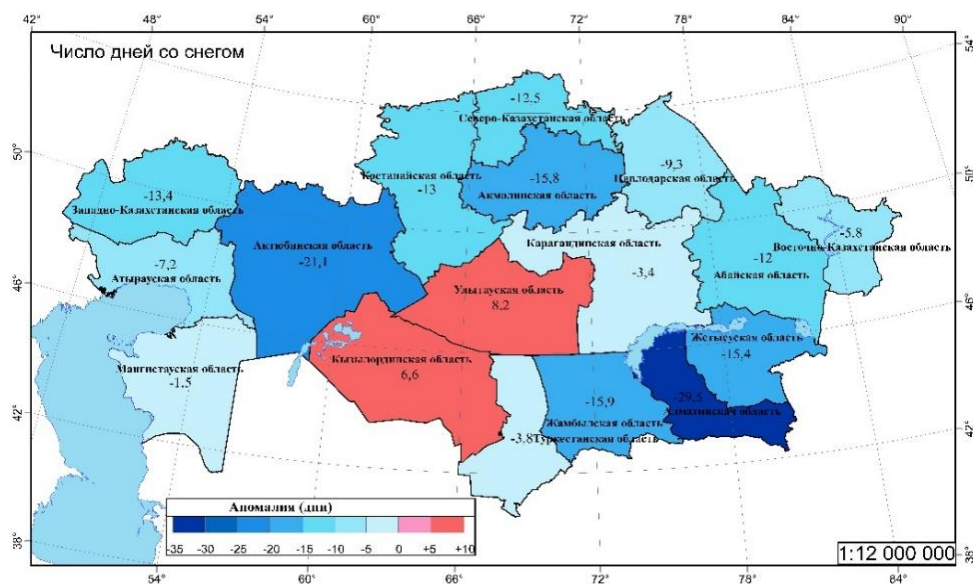
Ранговый анализ показал, что зима 2024...2025 гг. вошла в число наиболее малоснежных по продолжительности снежного периода для большинства областей Казахстана. Вместе с тем в северных и центральных регионах отмечены рекордно высокие или близкие к рекордным значениям запасов воды в снеге и максимальной высоты снежного покрова. Наиболее экстремальные условия наблюдались в Акмолинской области, где оба показателя достигли первого ранга за весь период наблюдений. В противоположность этому южные области (Туркестанская и Жамбылская) характеризовались минимальными снегозапасами и высотой снежного покрова, что свидетельствует о крайне малоснежном зимнем сезоне. Таким образом, ранговый анализ подтверждает усиление пространственной контрастности снежного режима в зимний период 2024...2025 гг. (таб.1).

Таблица 1.

Аномалии характеристик снежного покрова за зимний период 2024...2025 гг., осреднённые по областям Республики Казахстан

№	Регионы	Число дней со снегом			Запас воды в снеге			Максимальная высота снега		
		Δ	σ	R	Δ	σ	R	Δ	σ	R
1	Северо-Казахстанская область	-12,5	7	49	11,0	27,3	15	3,2	20,9	15
2	Акмолинская область	-15,8	42,4	49	33,9	37,8	1	24,7	31,5	1
3	Костанайская область	-13	11	50	55,7	21,4	2	-4,7	8,7	37
4	Павлодарская область	-9,3	5,0	44	32,0	60,0	4	0,6	12,3	26
5	Восточно-Казахстанская область	-5,8	17,3	39	23,3	86,7	9	8,6	25,2	7
6	область Абай	-12,0	43,0	23	-7,2	95,8	27	2,9	28,3	13
7	Карагандинская область	-3,4	18,3	36	9,3	33,2	10	2,8	17,3	12
8	область Улытау	8,2	19,0	21	18,4	51,2	9	-0,3	9,0	33
9	Западно-Казахстанская область	-13,4	8,4	46	-13,3	26,5	37	-10,5	9,5	49
10	Атырауская область	-7,2	32,8	35	1,8	27,5	18	-4,7	8,6	37
11	Мангистауская область	-1,5	19,8	27	-4,0	10,9	18	2,1	5,2	10
12	Актюбинская область	-21,1	15,41	51	17,0	37,8	13	-1,9	13,8	21
13	Кызылординская область	6,6	28,1	24	6,0	8,5	16	-3,4	3,9	43
14	Туркестанская область	-3,8	40,2	34	-38,9	51,4	53	-7,9	15,8	51
15	Жамбылская область	-15,9	15,9	45	-19,5	21,4	53	-8,6	3,3	55
16	Алматинская область	-29,5	47,26	53	-4,5	45,6	30	-4,5	22,0	37
17	область Жетысу	-15,4	29,2	45	4,0	107,7	17	-2,5	25,2	22

Примечание: Δ - отклонение от средних 1991...2020 гг., σ -среднеквадратическое отклонение, R- ранг текущих значений в ряду убывающих характеристик зимнего периода за 1970...2025 гг.



А

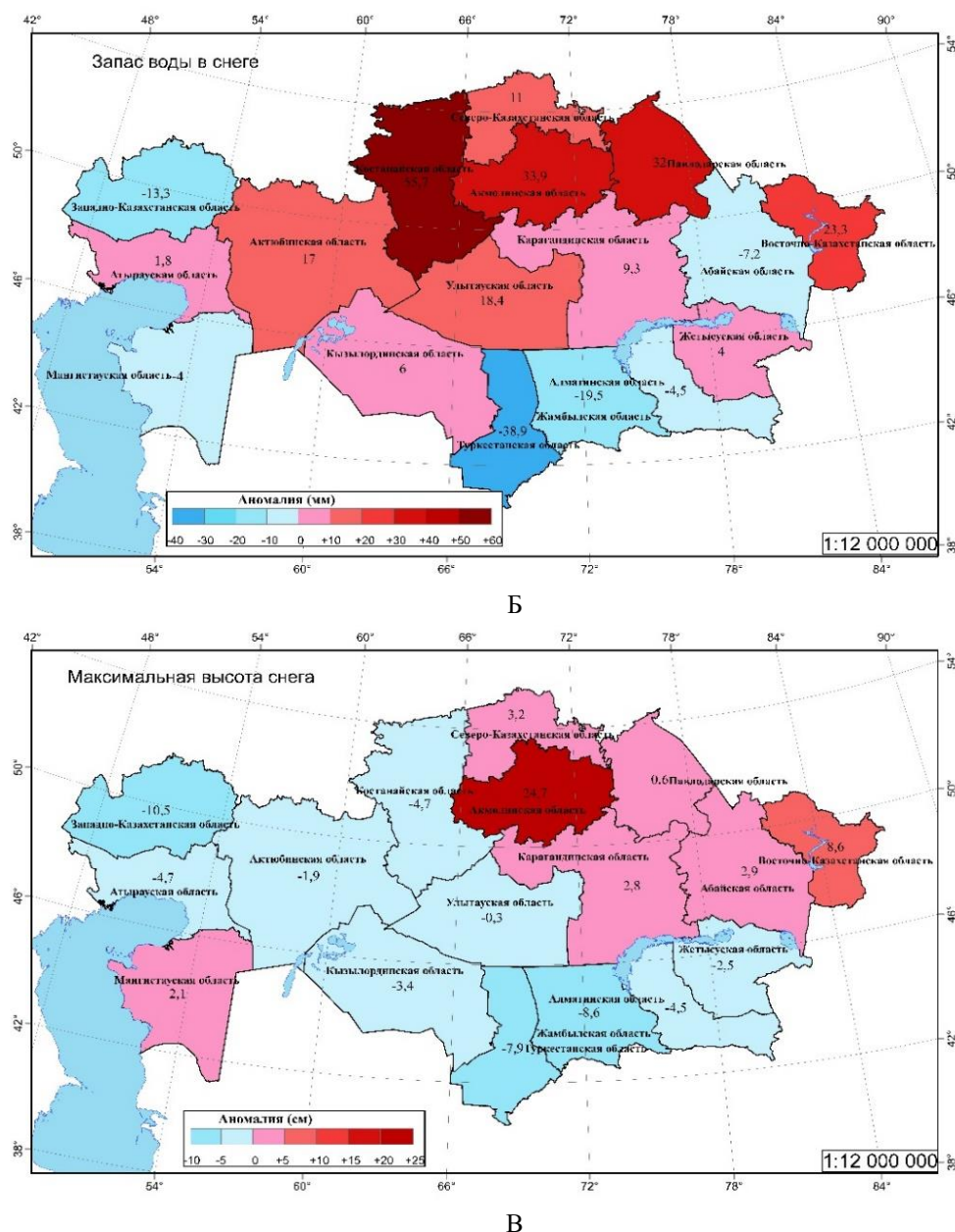


Рисунок 1. Карта аномалии характеристик снежного покрова за зимний период 2024...2025 гг., осреднённые по областям для: числа дней со снегом (А); запасов воды (Б); максимальной высоты снега (В)

Анализ линейных трендов максимальной высоты снежного покрова ($H_{\max}$), числа дней со снегом (N_d) и запасов воды в снеге (SW_{En}) за период 1970...2025 гг. выявил выраженную пространственную неоднородность изменений снежного режима на территории Казахстана (таб. 2). Статистически значимые тренды ($p < 0,05$) свидетельствуют о трансформации термического и осадочного режимов зимнего сезона.

На севере Казахстана отмечается увеличение максимальной высоты снежного покрова и запасов воды в снеге при одновременном сокращении продолжительности снежного периода. Наиболее выраженный рост $H_{\max}$ наблюдается в Акмолинской области (+4,09 см/10 лет), а SW_{En} — в Костанайской области (+6,1 мм/10 лет). Такая динамика указывает на формирование более мощного, но менее продолжительного снежного покрова вследствие усиления зимних осадков и ускоренного снеготаяния в условиях повышения температуры воздуха.

Наиболее интенсивные изменения выявлены на востоке страны. В Восточно-Казахстанской области зафиксирован максимальный рост запасов воды в снеге (+14,12 мм/10 лет) и значительное увеличение H_{max} (+3,01 см/10 лет), положительные тенденции отмечаются также в Абайской области. Вероятной причиной является орографическое усиление осадков в сочетании с ростом влагоемкости атмосферы.

В центральном Казахстане тенденции неоднородны: в Карагандинской области наблюдается увеличение H_{max} и $SWEn$, тогда как в Улытауской области отмечается снижение этих показателей при незначительном увеличении продолжительности снежного периода, что отражает высокую чувствительность региона к межгодовой изменчивости атмосферной циркуляции.

Для западного и южного Казахстана характерно сокращение продолжительности снежного покрова, сопровождающееся уменьшением его высоты и влагозапаса. Наиболее выраженное снижение N_d отмечено в Атырауской (-3,49 дня/10 лет), Западно-Казахстанской и Туркестанской областях, что связано с зимним потеплением, увеличением повторяемости оттепелей и ростом доли жидких осадков.

В юго-восточной части страны тенденции менее однородны: в Алматинской области наблюдается рост всех характеристик снежного покрова под влиянием горных систем Северного Тянь-Шаня, тогда как в области Жетысу изменения выражены слабо.

Таблица 2.

Оценка линейного тренда (красным цветом обозначены статистически значимые на 5%-уровне) осредненных характеристик снежного покрова для областей Казахстана за 1970...2025 гг;

№	Область	H_{max}	N_d	$SWEn$
1	Северо-Казахстанская область	1,91	0,41	3,4
2	Акмолинская область	4,09	-1,77	3,68
3	Костанайская область	0,65	0,43	6,1
4	Павлодарская область	-0,06	-0,22	3,1
5	Восточно-Казахстанская область	3,01	0,98	14,12
6	область Абай	1,49	1,44	5,4
7	Карагандинская область	1,93	0,63	3,7
8	область Улытау	-1,89	0,54	-0,85
9	Западно-Казахстанская область	0,05	-2,98	0,33
10	Атырауская область	-1,86	-3,49	-0,17
11	Мангистауская область	0,04	-1,59	1,15
12	Актюбинская область	0,01	-1,02	2,86
13	Кызылординская область	-0,74	-2,5	-2,39
14	Туркестанская область	-0,65	-2,9	2,43
15	Жамбылская область	-0,06	-1,19	1,19
16	Алматинская область	0,9	1,28	1,32
17	область Жетысу	0,01	-0,15	1,06

Примечание: H_{max} , см/10 лет - максимальная высота снежного покрова; N_d , дни/10 лет – число дней со снежным покровом; $SWEn$, мм/10 лет - запас воды в снеге (поле).

Региональный анализ по административным единицам отражает территориальную дифференциацию снежного режима, однако для оценки водохозяйственных последствий более репрезентативным является бассейновый подход, позволяющий выявить влияние изменений снегозапасов на формирование речного стока.

Оценка линейных трендов $SWEn$ за 1970...2025 гг, по водно-хозяйственным бассейнам показала следующую пространственную структуру изменений (таб. 3).

Наиболее интенсивный рост снегозапасов выявлен в Ертисском бассейне (+7,45 мм/10 лет; вклад тренда в дисперсию $D = 17,89\%$), Положительные тенденции

также характерны для Есильского (+3,09 мм/10 лет), Тобыл-Торгайского бассейнов (+2,83 мм/10 лет). Рост снегозапасов в этих бассейнах согласуется с увеличением H_{max} в соответствующих северных и восточных областях и может способствовать усилению весеннего половодья.

В Балкаш-Алакольском бассейне отмечается положительный тренд (+2,06 мм/10 лет), в Шу-Таласском бассейне тренд слабовыраженный (+0,68 мм/10 лет) и изменения статистически незначимые. Также В Нура-Сарысуйском бассейне тренд слабо положительный (+0,85 мм/10 лет) и статистически незначимый.

В Арало-Сырдаринском бассейне зафиксирован выраженный отрицательный тренд (-4,07 мм/10 лет; $D = 9,38\%$), Снижение запасов воды в снеге свидетельствует об уменьшении потенциала весеннего стока и усилении риска дефицита водных ресурсов.

В Жайык (Урало)-Каспийском бассейне изменения практически отсутствуют, вклад тренда в дисперсию минимален.

Таблица 3.

Оценка линейного тренда осредненных характеристик запаса воды для водно-хозяйственных бассейнов Казахстана за 1970...2025 гг. $SWEn$ /10 лет – коэффициент линейного тренда, D – вклад тренда в дисперсию

№	Бассейны	$SWEn$	D
1	Арало-Сырдаринский бассейн	-4,07	9,38
2	Балкаш-Алакольский бассейн	2,06	2,25
3	Ертисский бассейн	7,45	17,89
4	Есильский бассейн	3,09	5,08
5	Жайык(Урало)-Каспийский бассейн	-0,43	0,05
6	Нура-Сарысуйский бассейн	0,85	0,83
7	Тобыл-Торгайский бассейн	2,83	5,83
8	Шу-Таласский бассейн	0,68	0,39

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ многолетних изменений характеристик снежного покрова на территории Казахстана позволил выявить пространственные особенности их трансформации и установить устойчивые региональные тенденции. Полученные результаты свидетельствуют о неоднородности изменений снежного режима: в северных и восточных регионах наблюдается увеличение максимальной высоты снежного покрова и запасов воды в снеге, тогда как в западных и южных районах отмечается сокращение продолжительности залегания снежного покрова. Наиболее выраженный рост снегозапасов характерен для горных районов востока и юго-востока страны.

Сопоставление результатов административного и бассейнового подходов показало их высокую согласованность. Пространственные закономерности, выявленные по административным регионам, подтверждаются изменениями характеристик снежного покрова в пределах основных речных бассейнов, что свидетельствует о достоверности полученных оценок и возможности их использования для комплексного анализа водных ресурсов.

Полученные результаты имеют практическое значение для оценки водных ресурсов, прогнозирования весеннего половодья, совершенствования гидрологических прогнозов, а также для разработки мероприятий по адаптации отраслей экономики к изменению климата. Выявленные тенденции могут быть использованы при планировании водохозяйственной деятельности, управлении рисками паводков и засух, а также при актуализации климатических и гидрологических характеристик территории Казахстана.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением временного ряда наблюдений, применением данных дистанционного зондирования Земли и климатического моделирования, а также с комплексной оценкой влияния изменений снежного покрова на формирование речного стока, состояние водных ресурсов и развитие опасных гидрометеорологических явлений.

ДОСТУПНОСТЬ ДАННЫХ

Данные, использованные в этом исследовании получены авторами из источников: РГП «Казгидромет» МЭПР РК.

ВКЛАД АВТОРОВ

Концептуализация, управление данными – ЖБТ; Формальный анализ, методология – ЭАЭ; руководство – ЖБТ; Визуализация – ЖАЕ, САМ; Написание исходного текста – САБ; Написание и редактирование окончательного текста – ЭАЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубев В. Н. Снежный покров и климат. – М. : Гидрометеиздат, 2008. – 320 с.
2. Barry R. G. The Cryosphere: Past, Present and Future. – Cambridge : Cambridge University Press, 2011. – 472 p.
3. Armstrong R. L., Brun E. Snow and Climate. – Cambridge : Cambridge University Press, 2008. – 222 p.
4. Климат Казахстана / под ред. А. Р. Медеу. – Алматы : Дәуір, 2010. – 350 с.
5. Исаев А. А. Экология Казахстана. – Алматы, 2012. – 280 с.
6. National Atlas of the Republic of Kazakhstan. – Astana, 2010.
7. Climate Change 2021: The Physical Science Basis / IPCC. – Cambridge : Cambridge University Press, 2021. – URL: <https://www.ipcc.ch> (дата обращения: 15.10.2024).
8. World Meteorological Organization. State of the Climate in Asia 2024. – Geneva: WMO, 2025. – 56 p.
9. РД 52.04.186–89. Руководство по снегомерным наблюдениям. – Л., 1989.
10. Hall D. K., Riggs G. A. MODIS Snow Products User Guide. – NASA, 2016.
11. Dietz A. J., Kuenzer C. Global SnowPack monitoring using remote sensing // Remote Sensing. – 2019. – Vol. 11, № 7.
12. ESA. Sentinel-2 User Guide [Электронный ресурс]. – URL: <https://sentinel.esa.int> (дата обращения: 15.10.2024).
13. Chen P., Yao J., Mao W. Interannual snowfall variations in Central Asia and their association with ENSO and stratospheric polar vortex during winter // Climate Dynamics. – 2023. – Vol. 61. – P. 1505–1517.
14. Liu J., Zhang W., Liu T. Monitoring recent changes in snow cover in Central Asia using improved MODIS snow-cover products // Journal of Arid Land. – 2017. – Vol. 9. – P. 763–777.
15. Абаев Н., Терехов А. Об изменениях в пространственном распределении запасов снега в Восточном Казахстане в период 2001–2022 годов // Гидрометеорология и экология. – 2023. – № 108(1). – С. 35–41.
16. Notarnicola C. Hotspots of snow cover changes in global mountain regions over 2000–2018 // Remote Sensing of Environment. – 2020. – Vol. 243. – Article 111781. – DOI: 10.1016/j.rse.2020.111781.
17. Kraaijenbrink P. D. A., Stigter E. E., Yao T., Immerzeel W. W. Climate change decisive for Asia's snow meltwater supply // Nature Climate Change. – 2021. – Vol. 11. – P. 591–597.
18. Blau M. T., Kad P., Turton J. V. et al. Uneven global retreat of persistent mountain snow cover alongside mountain warming from ERA5-Land // npj Climate and Atmospheric Science. – 2024. – Vol. 7. – Article 278.
19. Li Q., Duan W., Yang T., Gulayozov M. S., Fan Y., Ju C., Aihaiti A., Li L. Evolution of spatiotemporal variations in snow in the Tianshan Mountains and Pamir, Central Asia: An investigation by historical and projected dynamic downscaling simulations // Journal of Hydrology. – 2025. – Vol. 656. – Article 132994.
20. Климатические обзоры за зимний период 2023–2024 гг. РГП «Казгидромет» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kazhydromet.kz> (дата обращения: 15.10.2024).
21. РГП «Казгидромет». Ежегодный бюллетень мониторинга снежного покрова на территории республики Казахстан за 2023–2024 гг. [Электронный ресурс]. – Астана. – 2025. – URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/klimat/ezhegodnyy-byulleten-monitoringa-snezhnogo-pokrova-na-territorii-respubliki-kazahstan>
22. Данные государственного климатического кадастра с платформы на сайте РГП «Казгидромет» [Электронный ресурс] https://meteo.kazhydromet.kz/climate_kadastre/ (дата обращения: 16.11.2024).

REFERENCES

1. Golubev, V. N. (2008). Snezhnyi pokrov i klimat [Snow Cover and Climate]. Moscow: Gidrometeoizdat, 320 p. [in Russian].
2. Barry, R. G. (2011). The Cryosphere: Past, Present and Future. Cambridge: Cambridge University Press, 472 p.
3. Armstrong, R. L., Brun, E. (2008). Snow and Climate. Cambridge: Cambridge University Press, 222 p.
4. Medeu, A. R. (Ed.). (2010). Klimat Kazakhstana [Climate of Kazakhstan]. Almaty: Daur, 350 p. [in Russian].
5. Isaev, A. A. (2012). Ekologiya Kazakhstana [Ecology of Kazakhstan]. Almaty, 280 p. [in Russian].
6. National Atlas of the Republic of Kazakhstan. (2010). Astana.
7. IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press. Available at: <https://www.ipcc.ch> (accessed 15 October 2024).
8. World Meteorological Organization. (2025). State of the Climate in Asia 2024. Geneva: WMO, 56 p.
9. RD 52.04.186–89. (1989). Rukovodstvo po snegomernym nablyudeniya [Guidelines for Snow Survey Observations]. Leningrad. [in Russian].
10. Hall, D. K., Riggs, G. A. (2016). MODIS Snow Products User Guide. NASA.
11. Dietz, A. J., Kuenzer, C. (2019). Global SnowPack monitoring using remote sensing. Remote Sensing, 11(7).
12. European Space Agency (ESA). Sentinel-2 User Guide. Available at: <https://sentinel.esa.int> (accessed 15 October 2024).
13. Chen, P., Yao, J., Mao, W. (2023). Interannual snowfall variations in Central Asia and their association with ENSO and stratospheric polar vortex during winter. Climate Dynamics, 61, 1505–1517.
14. Liu, J., Zhang, W., Liu, T. (2017). Monitoring recent changes in snow cover in Central Asia using improved MODIS snow-cover products. Journal of Arid Land, 9, 763–777.

15. Abaev, N., Terekhov, A. (2023). Ob izmeneniyakh v prostranstvennom raspredelenii zapasov snega v Vostochnom Kazakhstane v period 2001–2022 godov [Changes in the Spatial Distribution of Snow Reserves in Eastern Kazakhstan during 2001–2022]. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, 108(1), 35–41. [in Russian].
16. Notarnicola, C. (2020). Hotspots of snow cover changes in global mountain regions over 2000–2018. *Remote Sensing of Environment*, 243, Article 111781. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111781>
17. Kraaijenbrink, P. D. A., Stigter, E. E., Yao, T., Immerzeel, W. W. (2021). Climate change decisive for Asia's snow meltwater supply. *Nature Climate Change*, 11, 591–597.
18. Blau, M. T., Kad, P., Turton, J. V., et al. (2024). Uneven global retreat of persistent mountain snow cover alongside mountain warming from ERA5-Land. *npj Climate and Atmospheric Science*, 7, Article 278.
19. Li, Q., Duan, W., Yang, T., Gulayozov, M. S., Fan, Y., Ju, C., Aihaiti, A., Li, L. (2025). Evolution of spatiotemporal variations in snow in the Tianshan Mountains and Pamir, Central Asia: An investigation by historical and projected dynamic downscaling simulations. *Journal of Hydrology*, 656, Article 132994.
20. RSE "Kazhydromet". (2024). Klimaticheskie obzory za zimnii period 2023–2024 gg. [Climate Reviews for the Winter Season 2023–2024]. Available at: <https://www.kazhydromet.kz> [in Russian].
21. RSE "Kazhydromet". (2025). Ezhegodnyi byulleten' monitoringa snezhnogo pokrova na territorii Respubliki Kazakhstan za 2023–2024 gg. [Annual Bulletin of Snow Cover Monitoring on the Territory of the Republic of Kazakhstan for 2023–2024]. Astana. Available at: <https://www.kazhydromet.kz/ru/klimat/ezhegodnyy-byulleten-monitoringa-snezhnogo-pokrova-na-territorii-respubliki-kazakhstan> [in Russian].
22. RSE "Kazhydromet". Dannye gosudarstvennogo klimaticheskogo kadastra [State Climate Cadastre Data]. Available at: https://meteo.kazhydromet.kz/climate_kadastr/ [in Russian].

2024-2025 жж. ҚЫСҚЫ МАУСЫМДАҒЫ ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДАҒЫ ҚАР ЖАМЫЛҒЫСЫ ЖАЙ-КҮЙІ МЕН ӨЗГЕРІСТЕРІ МОНИТОРИНГІ

Бакыт Т. Жездибаева, Аружан Ә. Әбілқаді, Акмарал Б. Смагулова, Айзат Е. Жаксыбаева, Айдарбек М. Султанкулов

«Қазгидромет» РМК, Астана қ., Қазақстан; zhezdebayeva_b@meteo.kz (ЖБТ), abilkadi_a@meteo.kz (ӘАӘ), smagulova_ak@meteo.kz (САБ), zhaksybayeva_a@meteo.kz (ЖАЕ), sultankulov_a@meteo.kz (САМ)

*Автор корреспондент: Аружан Ә. Әбілқаді, abilkadi_a@meteo.kz

ТҮЙІН СӨЗДЕР

қар жамылғысы, мониторинг, қардағы су қоры, су балансы, метеорологиялық бақылаулар, 2023...2024 жж. қысқы кезең

Мақала жайында:

Алынды: 24.12.2025

Қайта қаралды: 13.04.2026

Қабылданды: 16.09.2026

Жарияланды: 30.09.2026

АБСТРАКТ

Бұл мақалада 2024...2025 жж. қысқы маусымында Қазақстан аумағындағы қар жамылғысының кеңістіктік-уақыттық ерекшеліктері талданды, сондай-ақ 1970...2025 жж. кезеңі бойынша қар жамылғысының негізгі сипаттамаларының (қар жамылғысы бар күндер саны, қар жамылғысының максималды биіктігі және қардағы су қоры) көпжылдық трендтеріне бағалау жүргізілді. Зерттеу «Қазгидромет» РМК мемлекеттік бақылау желісінің деректері негізінде орындалды. 2024...2025 жж. қысқы маусымында көптеген өңірлерде қар жамылғысы бар күндер санының қысқаруы аясында елдің солтүстік және орталық облыстарында қар қорының жоғары мөлшері қалыптасқаны, ал елдің оңтүстігінде оның тапшылығы байқалғаны анықталды. Қар жамылғысының максималды биіктігі мен қардағы су қорының сызықтық трендінің статистикалық мәнді өсуі елдің солтүстігі мен шығысында, сондай-ақ Ертіс, Есіл және Тобыл-Торғай су шаруашылығы бассейндерінде анықталды, ал қар қорының төмендеуі Арал-Сырдария бассейнінде байқалды. Қар жамылғысы бар күндер санының статистикалық мәнді қысқаруы анықталған жоқ. Алынған нәтижелер су ресурстарын бағалау, көктемгі су тасқынын болжау және қазіргі климаттық өзгерістерге бейімделу шараларын әзірлеу үшін практикалық маңызға ие.

MONITORING OF SNOW COVER CONDITIONS IN KAZAKHSTAN AND THEIR CHANGES DURING THE WINTER SEASON 2024-2025

Bakhyt T. Zhezdiabayeva, Aruzhan A. Abilkadi, Akmaral B. Smagulova, Aizat E. Zhaxybayeva, Aidarbek M. Sultankulov

«Kazhydromet» RSE, Astana, Kazakhstan; zhezdiabayeva_b@meteo.kz (ZHBT), abilkadi_a@meteo.kz (AAA), smagulova_ak@meteo.kz (SAB), zhaksybayeva_a@meteo.kz (ZHAE), sultankulov_a@meteo.kz (SAM)

*Author correspondent: Aruzhan A. Abilkadi, abilkadi_a@meteo.kz

KEY WORDS

snow cover, monitoring, water reserves in snow, water balance, meteorological observations, winter season 2024...2025

About article:

Received: 24.12.2025

Revised: 13.04.2026

Accepted: 16.09.2026

Published: 30.09.2026

ABSTRACT

The study analyzes the spatiotemporal characteristics of snow cover across the territory of Kazakhstan during the winter season of 2024...2025, and also evaluates long-term trends in the main snow cover characteristics (number of days with snow cover, maximum snow depth, and snow water equivalent) for the period 1970...2025 based on data from the state observation network of RSE "Kazhydromet". The results show that during the winter season of 2024...2025, against the background of a decrease in the number of days with snow cover in most regions, increased snow reserves formed in the northern and central regions, whereas a deficit was observed in the southern part of the country. A statistically significant increase in the linear trend of maximum snow depth and snow water equivalent was identified in the northern and eastern parts of the country, as well as in the Irtysh, Ishim, and Tobol–Torgai water management basins, while a decrease in snow reserves was observed in the Aral-Syrdarya basin. No statistically significant decrease in the number of days with snow cover was detected. The obtained results are of practical importance for water resource assessment, forecasting spring floods, and developing adaptation measures to ongoing climate change.

Примечание издателя: заявления, мнения и данные во всех публикациях принадлежат только автору (авторам), а не журналу "Гидрометеорология и экология" и/или редактору (редакторам).