Явление аномального снегопада 13–14 марта 2021 г. на юге Казахстана

А. Г. Терехов^{1,2}, Н. Н. Абаев^{2,3}, Т. А. Тиллакарим^{2,3}

¹ *Институт информационных и вычислительных технологий МОН РК
Алматы, 050010, Казахстан
E-mail: aterekhov1@yandex.ru*

² *Республиканское государственное предприятие «Казгидромет»
Алматы, 050022, Казахстан
E-mail: aterekhov1@yandex.ru*

³ *Казахский национальный университет имени аль-Фараби
Алматы, 050040, Казахстан
E-mail: abayev.nurlan@gmail.com*

Для мониторинга снежного покрова Казахстана в сезоне 2020–2021 гг. использовался продукт Snow Depth FEWS NET с суточным обновлением и пространственным разрешением 1 км. Режим атмосферного переноса в Северной Евразии в январе–марте 2021 г. характеризовался множеством различных аномальных проявлений погоды. В феврале–марте 2021 г. наблюдались регулярные вторжения тёплого воздуха в Сибирь, которые проходили через территорию Казахстана и вызывали частые осадки. В рамках этих метеорологических процессов одно событие сильного снегопада на юге Казахстана выделялось своей мощностью. В период 13–14 марта 2021 г. в районе хребта Каратау (2176 м) прошёл сильнейший снегопад. Хребет Каратау представляет собой невысокий, 500-километровый северо-западный отрог Тянь-Шаня (7439 м), вклинивающийся в зону сухих степей и полупустынь юга Казахстана и разделяющий долины рек Сырдарья и Талас. По оценкам продукта Snow Depth FEWS NET, в виде снега выпало более 2,5 км³ воды. В течение двух дней средняя высота снежного покрова района гор Каратау выросла с 0,8 до 48,5 см. Эта высота снега обновила прежний сезонный максимум, составлявший 43 см (4 февраля 2005 г.). Многолетний максимум высоты снега на 13–14 марта в 13 см (2003) был превышен почти в 4 раза. Аномальное явление в районе хребта Каратау указывает на потенциально высокую климатическую вариативность данной местности. Обычно атмосферные фронты идут вдоль хребта и не приносят значительного количества осадков. Учащение событий перехода атмосферных фронтов через хребет как результат взаимодействия атмосферного переноса на юге Казахстана с Сибирским антициклоном способно резко повысить климатическую норму снежности хребта Каратау в будущем.

Ключевые слова: продукт Snow Depth FEWS NET, мониторинг высоты снега, хребет Каратау, Тянь-Шань, аномальный снегопад, климатическая вариативность

Одобрена к печати: 12.07.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-279-284

Погодные условия холодного периода в Северной Евразии во многом определяются позицией и параметрами Сибирского антициклона (СА). Его влияние формирует расположение зон очень низких температур воздуха и траектории потоков тёплого воздуха. В первые месяцы 2021 г. СА занимал значительную часть севера Евразии, часто смещаясь на Русскую равнину, что вызвало холодную зиму в Европе. Тёплые потоки воздуха при этом регулярно вторгались в Сибирь, проходя через территорию Казахстана. Суточный продукт Snow Depth FEWS NET (<https://earlywarning.usgs.gov/fews/product/410>) хорошо зарекомендовал себя для оценки снежного покрова в безлесной зоне Казахстана (Терехов и др., 2019, 2020а–в). Мониторинг высоты снежного покрова Казахстана показал, что до первой половины февраля снега было мало, но затем частые снегопады, сопровождающие южные вторжения тёплого воздуха через Казахстан в Сибирь, увеличили запасы снега до средних многолетних норм, а в отдельных зонах даже выше.

В процессе вторжений тёплых масс воздуха в Сибирь через Казахстан наиболее значительным событием представлялся снегопад 13–14 марта, прошедший на юге Казахстана

(рис. 1). По данным Snow Depth FEWS NET (<https://earlywarning.usgs.gov/fews/ewx/index.html?region=casia>), в районе гор Каратау в виде твёрдых осадков выпало более $2,5 \text{ км}^3$ воды. Высота снега в районе этого невысокого хребта, расположенного в зоне сухих степей и полупустынь, увеличилась с 0,8 до 48,5 см. Таким образом, был превышен прежний многолетний сезонный максимум высоты снега в 43 см, зарегистрированный 4 февраля 2005 г., а многолетний максимум на 13–14 марта, составлявший до этого события 13 см (2003), был увеличен почти в 4 раза (рис. 2, см. с. 281).

Рис. 1. Карты высоты снежного покрова территории Казахстана до и после снегопада 13–14 марта 2021 г. Красным эллипсом выделен район гор Каратау. Данные FEWS NET

Горы Каратау (2176 м) представляют собой невысокий северо-западный отрог Западного Тянь-Шаня. Хребет длиной около 500 км вклинивается в сухостепные и полупустынные равнины юга Казахстана, разделяя долины рек Сырдарья и Талас (см. рис. 1). Географическое расположение хребта Каратау способствует его засушливости. Среднегодовое количество осадков у подножий склонов гор составляет всего около 200 мм. Подавляющее большинство атмосферных фронтов, приносящих влагу с Атлантического океана, проходят вдоль хребта, не оставляя на нём существенного количества осадков. Осадков могло быть гораздо больше, если бы атмосферные фронты чаще пересекали хребет. При пересечении горного хребта воздушные массы поднимаются, что способствует выпадению осадков.

Рис. 2. Динамика средней высоты снега: *a* — с 1 января по 31 марта в период 2001–2020 гг.; *б* — в районе гор Каратау, многолетние (2001–2021) минимумы, средние и максимальные значения. Построено на основе данных FEWS NET

Географическое расположение и высотный рельеф гор Каратау имеют потенциал для выпадения значительных осадков в холодный период. Выдвижение Сибирского антициклона на Русскую равнину часто сопровождается огибанием центра холода тёплыми массами воздуха с юга и вторжением их в Сибирь через территорию Казахстана. На юге Казахстана траектория движения тёплых воздушных масс к Сибири в этом случае часто имеет направление на северо-восток, вдоль высокогорного барьера, формируемого хребтами Памира и Тянь-Шаня, пересекая по пути хребет Каратау. Существует выраженная связь между количеством осадков и высотой местности над уровнем моря (Daly et al., 1994). Таким образом, возникают условия для выпадения значительных осадков в районе гор Каратау, что, очевидно, и наблюдалось в событии 13–14 марта 2021 г.

Вариативность климата может трассироваться аномальными погодными явлениями (Hansen et al., 2012; Rahmstorf, Coumou, 2011). Равнинные территории более консервативны. Для равнин в целом неважно, с какого направления приходят воздушные массы, приносящие осадки, на каких высотах над уровнем моря расположен атмосферный слой, в котором формируются осадки. Высокогорные территории, особенно расположенные в районах крупных горных систем, более зависимы от условий атмосферного переноса. Параметры стратификации и направления движения атмосферных фронтов определяют зависимость количества осадков от высоты местности и экспозиции склонов, получающих большую долю осадков. В случае горного хребта Каратау ключевым фактором представляется траектория движения воздушных масс: будут ли они переваливать через хребет, принося осадки, либо пройдут вдоль него, и тогда основные осадки выпадут дальше к востоку, в хребтах Западного Тянь-Шаня.

Таким образом, аномально сильный снегопад, наблюдавшийся 13–14 марта 2021 г. в горах Каратау, указывает на потенциально высокую климатическую вариативность данной местности. Очевидно, существуют режимы СА, обеспечивающие высокую снежность района хребта Каратау. Рост вероятности метеорологических событий, при которых атмосферные фронты переваливают через хребет, способен резко повысить снежность Каратау. Интересно отметить, что температурный режим Европы, регулируемый позицией и мощностью СА, в определённых случаях оказывается связанным со снежностью хребта Каратау. Смещение СА к Русской равнине может сопутствовать выпадению снега в Каратау.

Рост увлажнённости северо-восточного склона хребта Каратау способен привести к увеличению объёмов стока небольших локальных рек. Изменения гидрологического режима рек в этой климатической зоне в основном связаны с увеличением весеннего паводка (Терехов и др., 2016). В бассейне р. Талас отсутствует конечный водный объект. Сток реки теряется в песках Мойынкум, существование и расположение которых указывает на наличие значительного речного стока в прошлом.

Работа выполнена при поддержке грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан, проекты № AP09562387 и BR10965172.

Литература

1. Терехов А. Г., Пак И. Т., Долгих С. А. Спутниковые наблюдения аномального весеннего паводка 2016 года в низовьях реки Аягуз // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 273–276. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-273-276.
2. Терехов А. Г., Абаев Н. Н., Юничева Н. Р. Аномальный режим снежности 2019 года и многолетние тренды в изменениях высоты снежного покрова Казахстана // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 5. С. 351–355. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-351-355.
3. Терехов А. Г., Ивкина Н. И., Юничева Н. Р., Витковская И. С., Елтай А. Г. (2020а) Изменения снежного покрова сухих степей и полупустынь Казахстана на примере бассейна реки Эмбы // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 2. С. 101–113. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-2-101-113.

4. Терехов А. Г., Ивкина Н. И., Абаев Н. Н., Елтай А. Г., Егембердиева З. М. (2020б) Валидация суточного продукта Snow Depth FEWS NET для бассейна реки Урал по данным метеорологических наблюдений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 3. С. 31–40. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-3-31-40.
5. Терехов А. Г., Ивкина Н. И., Абаев Н. Н., Галаева А. В., Елтай А. Г. (2020в) Реакция годового стока реки Урал на изменения высоты снежного покрова в ее бассейне в период 2001–2019 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 181–190. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-181-190.
6. Daly Ch., Neilson R. P., Phillips D. L. A Statistical-Topographic Model for Mapping Climatological Precipitation over Mountainous Terrain // J. Applied Meteorology. 1994. V. 33. No. 2. P. 140–158. DOI: 10.1175/1520-0450(1994)033<0140:ASTMFM>2.0.CO;2.
7. Hansen J., Sato M., Ruedy R. Perception of climate change // Proc. National Academy of Science of the United States of America. 2012. V. 109. No. 37. P. E2415–E2423. DOI: 10.1073/pnas.1205276109.
8. Rahmstorf S., Coumou D. Increase of extreme events in a warming world // Proc. National Academy of Science of the United States of America. 2011. V. 108. No. 44. P. 17905–17909. DOI: 10.1073/pnas.1101766108.

Extremal snowfall on March 13–14, 2021, in the South Kazakhstan

A. G. Terekhov^{1,2}, N. N. Abayev^{2,3}, T. A. Tillakarim^{2,3}

¹ *Institute of Information and Computing Technology MES RK
Almaty 050010, Kazakhstan
E-mail: aterekhov1@yandex.ru*

² *RSE Kazhydromet, Almaty 050022, Kazakhstan
E-mail: aterekhov1@yandex.ru*

³ *Al-Farabi Kazakh National University, Almaty 050040, Kazakhstan
E-mail: abayev.nurlan@gmail.com*

The product Snow Depth FEWS NET with a daily renew and spatial resolution of 1 km was used to monitor the snow cover of Kazakhstan in the 2020–2021 season. In February–March 2021, there were regular incursions of warm air into Siberia, which passed through the Kazakhstan territory and caused frequent precipitation. Within the framework of these meteorological processes, one event of heavy snowfall in the South Kazakhstan distinguished by its power. During March 13–14, 2021, in the area of the Karatau Range (2176 m), there was a heavy snowfall. The Karatau Range is a low, 500-kilometer northwestern spur of the Tien Shan mountains (7439 m), wedged into the zone of dry steppes and semi-deserts of South Kazakhstan and separating the valleys of the Syrdarya and Talas rivers. According to the product Snow Depth FEWS NET, more than 2.5 cubic km of water fell in the form of snow. Within 2 days, the average depth of the snow cover in the Karatau Range area increased from 0.8 to 48.5 cm. This snow depth updated the previous long-term seasonal maximum of 43 cm (February 4, 2005). The long-term maximum snow depth of 13 cm on March 13–14 (2003) was exceeded almost 4 times. The anomalous phenomenon in the area of the Karatau Range indicates a potentially high climatic variability of this area. Usually, atmospheric fronts run along the ridge and do not bring a significant amount of precipitation. The increase in the frequency of events of the transition of atmospheric fronts through the ridge, as a result of the interaction of atmospheric transport in the South Kazakhstan with the Siberian Anticyclone, can dramatically increase the climatic norm of snow content of the Karatau Range in future.

Keywords: Snow Depth FEWS NET, snow depth monitoring, Karatau range, Tian Shian mountains, abnormal snowfall, climate variability

Accepted: 12.07.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-279-284

References

1. Terekhov A. G., Pak I. T., Dolgikh S. A., Satellite observations of the anomalous spring flood at the lower reach of the Ayaguz River in 2016, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 4, pp. 273–276 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-273-276.
2. Terekhov A. G., Abayev N. N., Yunicheva N. R., Anomalous snowy regime in 2019 and long-term trends in snow depth in Kazakhstan, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 5, pp. 351–355 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-351-355.
3. Terekhov A. G., Ivkina N. I., Yunicheva N. R., Vitkovskaya I. S., Yeltay A. G. (2020a), Snow cover changes of the Kazakhstan dry steppes and semi-deserts: the case of River Emba basin studies, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2020, Vol. 17, No. 2, pp. 101–113 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-2-101-113.
4. Terekhov A. G., Ivkina N. I., Abayev N. N., Yeltay A. G., Yegemberdieva Z. (2020b), Validation of daily Snow Depth FEWS NET product over River Ural basin on snow depth meteorological observations, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2020, Vol. 17, No. 3, pp. 31–40 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-3-31-40.
5. Terekhov A. G., Ivkina N. I., Abayev N. N., Galalyeva A. V., Yeltay A. G. (2020c), Streamflow response of the Ural River to basin snow depth changes during 2001–2019, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2020, Vol. 17, No. 5, pp. 181–190 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-181-190.
6. Daly Ch., Neilson R. P., Phillips D. L., A Statistical-Topographic Model for Mapping Climatological Precipitation over Mountainous Terrain, *J. Applied Meteorology*, 1994, Vol. 33, No. 2, pp. 140–158, DOI: 10.1175/1520-0450(1994)033<0140:ASTMFM>2.0.CO;2.
7. Hansen J., Sato M., Ruedy R., Perception of climate change, *Proc. National Academy of Science of the United States of America*, 2012, Vol. 109, No. 37, pp. E2415–E2423, DOI: 10.1073/pnas.1205276109.
8. Rahmstorf S., Coumou D., Increase of extreme events in a warming world, *Proc. National Academy of Science of the United States of America*, 2011, Vol. 108, No. 44, pp. 17905–17909, DOI: 10.1073/pnas.1101766108.