

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Vitaly Salnikov, Galina Turulina, Svetlana Polyakova, Tamara Tazhibaeva, Aizhan Skakova

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

e-mail: Vitali.Salnikov@kaznu.kz, Svetlana.Polyakova@kaznu.kz, Tamara.Tazhibayeva@kaznu.kz, Aizhan.Skakova@kaznu.kz

Abstract: В связи с происходящими в последние годы изменениями регионального климата возрос интерес к изучению снежного покрова. Снежный покров является одним из важнейших климатообразующих факторов. Территория Северного Казахстана расположена в той широтной зоне, для которой характерна большая продолжительность залегания устойчивого снежного покрова, до 4–5 месяцев без перерыва и снег здесь оказывает большое внимание на климат.

Устойчивый снежный покров образуется в Северном Казахстане в ноябре-декабре, причем его формирование происходит с севера на юг рассматриваемой территории. Разрушение устойчивого снежного покрова происходит в течение двух месяцев – марта и апреля.

Проведен анализ динамики дат образования и разрушения устойчивого снежного покрова и продолжительности его залегания. Рассчитанные тренды указывают на значимую тенденцию более поздних сроков образования устойчивого снежного покрова и отмечается слабая тенденция смещения сроков схода устойчивого снежного покрова на более ранние даты.

Для продолжительности залегания снежного покрова рассчитанные тренды указывают на тенденцию уменьшения продолжительности залегания снежного покрова. Продолжительность залегания уменьшается за счет более позднего образования и более раннего разрушения устойчивого снежного покрова. Исследована связь между датой установления и схода снежного покрова и температурой воздуха осени и весны.

В последние десятилетия в условиях регионального потепления климата наблюдалась отчетливая тенденция к уменьшению продолжительности залегания устойчивого снежного покрова за счет более позднего образования и более раннего разрушения устойчивого снежного покрова.

Keywords: устойчивый снежный покров, даты образования и разрушения, продолжительность залегания, температура воздуха, осадки, тенденция, аномалия.

1 Introduction

По своим природным условиям Казахстан расположен целиком в зоне с периодическим залеганием снежного покрова, однако продолжительность и особенности его залегания в отдельных районах различны.

Колебания сроков установления снежного покрова, влияющих на альbedo подстилающей поверхности, создают значительные аномалии теплообмена: при раннем установлении снежного покрова подстилающая поверхность недополучает тепло и, следовательно, меньше отдает тепла атмосфере. Весной важны сроки и интенсивность таяния снега, на которые тратится тепло из атмосферы. При наличии больших запасов снега к концу зимы поступающая солнечная энергия в большей мере затрачивается на таяние снега и испарение, чем на повышение температуры почвы и прилегающих слоев воздуха. После многоснежных зим температура воздуха весенних месяцев, как правило, ниже, чем после малоснежных. Значительный дефицит осадков зимой является одной из причин усиления засухи весной и летом, поскольку величины затрат тепла на испарение с почвы в этом случае практически сводятся к нулю.

Информация о распространении снежного покрова необходима для решения многих задач хозяйственной деятельности, поскольку он является источником питания рек и увлажнения почвы [1, 2].

2 Material and methods

Исследуемая территория включает три области – Акмолинскую, Костанайскую и Северо-Казахстанскую. Рассматривается период с 1971 по 2008 гг. В качестве исходных материалов использованы даты установления и схода устойчивого снежного покрова по 34 метеорологическим станциям.

В работе использовались методы статистической обработки метеорологической информации в программе «STATISTICA».

3 Results

Формирование снежного покрова находится в тесной зависимости от температурных условий. Однако и сам снежный покров изменяет тепловой баланс земной поверхности и способствует поддержанию низких отрицательных температур.

Распределение температуры воздуха по территории Северного Казахстана носит зональный характер. Среднегодовая температура воздуха на севере республики положительна и составляет 0,8–1,9 °С.

Самый холодный месяц в Северном Казахстане – январь, средняя температура которого колеблется от минус 16 °С до минус 19 °С. Абсолютные минимальные температуры воздуха могут достигать минус 43–52 °С. Самое холодное место в регионе – Атбасар, здесь абсолютный минимум температуры воздуха равен минус 57 °С. В зимние месяцы на всей территории возможны оттепели.

Анализ временного хода средней месячной температуры воздуха и ее аномалий для холодного периода и для зимнего сезона показал следующее. Заметим, что временные ряды приведены за 1971–2008 гг., когда основная сеть метеорологических наблюдений на территории Казахстана уже сформировалась, и колебания в составе доступных для анализа температуры климатических данных и в методике их обработки можно считать незначительными (рис. 1).

Повышение температуры приземного воздуха холодного периода происходило со скоростью 0,7 °С за каждые 10 лет. На территории Северного Казахстана можно выделить несколько лет с аномально низкими температурами холодного периода. Это 1972, 1974, 1977, 1996, 2006 и 2008 годы, когда отрицательные аномалии в январе составляли 1,5–3,0 °С, а иногда более 5,0 °С. В последние 20 лет температура воздуха холодного периода чаще была выше нормы, рассчитанной за 1971–2000 гг. Самая высокая температура холодного периода на

рассматриваемой территории наблюдалась в 2002 г., когда она была выше нормы на 3,0–4,0 °С [3].

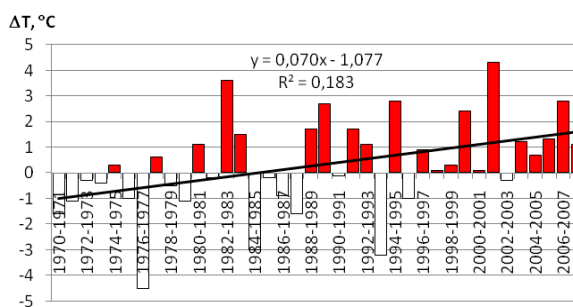


Рисунок 1 – Изменения аномалий температуры воздуха (°С) холодного периода года, осредненных по территории Северного Казахстана

Для Северного Казахстана характерно неравномерное распределение осадков по территории. Здесь в среднем за год выпадает 300–400 мм осадков, преобладают осадки теплого периода, количество которых составляет 190–290 мм (70–80 % их годового количества). В холодный период года во время господства сибирского антициклона на рассматриваемой территории осадков выпадает значительно меньше, всего 80–100 мм (20–30 % годовой суммы). Осадки повсеместно отличаются значительной изменчивостью из месяца в месяц и из года в год, так что количество их может значительно отличаться от среднего многолетнего значения [4–6].

На исследуемой территории осадки холодного периода распределяются неравномерно (изменяясь от 60–70 мм в северных до 80–90 мм в южных районах). Если рассмотреть соотношение количества осадков в ноябре–декабре и январе–феврале, то повсеместно большая их часть выпадает в первую половину холодного периода, поэтому снежный покров формируется в основном за счет этих осадков.

Накопление снега зависит как от количества выпадающих осадков, так и от характера и частоты их выпадения. На большей части территории Северного Казахстана в зимние месяцы осадки выпадают почти ежедневно до 28–30 дней в месяц, среднее суточное количество таких осадков в редких случаях достигает 2 мм, среднее максимальное суточное количество осадков составляют 3–7 мм.

В течение холодного периода наибольшее число дней с осадками приходится на начало зимы в связи с развитием активной циклонической деятельности. Число дней с осадками изменяется от 95 до 110 дней.

В работе проанализирован временной ход осадков и установлены направления и скорости их изменения за конкретные периоды времени. Коэффициенты линейных трендов, выраженные в миллиметрах за 10 лет (рис. 2).

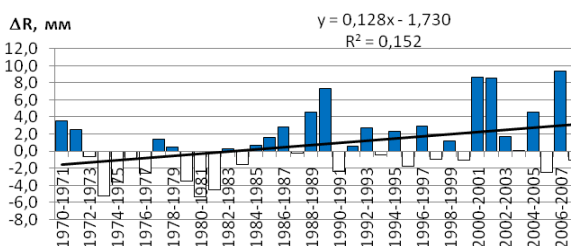


Рисунок 2 – Изменения аномалий осадков (мм) холодного периода года, осредненных по территории Северного Казахстана

Анализ линейного тренда во временном ходе аномалий годовых сумм осадков и сумм осадков холодного периода показал, что тенденции выражены слабо. В период 1971–2008 гг. для рассматриваемой территории наблюдается слабая положительная тенденция к увеличению осадков на 1,9–2,9 мм/10 лет.

Устойчивый снежный покров образуется в Северном Казахстане в ноябре–декабре. В Северо-Казахстанской и Акмолинской областях он образуется с 5 по 12 ноября, в Костанайской области отмечается запаздывание на 8–10 дней (14–21 ноября).

В отдельные годы имеются значительные отклонения в сроках установления устойчивого снежного покрова по сравнению со средними многолетними. Самое раннее образование устойчивого снежного покрова на севере республики наблюдалось 3–9 октября, самое позднее – 18–24 декабря. Амплитуда дат установления устойчивого снежного покрова исследуемого района составляет около 70 дней, а средние квадратические отклонения изменяются от 10 до 15 дней.

Разрушение устойчивого снежного покрова происходит в течение двух месяцев – марта и апреля. Самое раннее разрушение устойчивого снежного покрова на севере республики наблюдалось 20 февраля – 5 марта, самое позднее – 25–28 апреля. Почти на всей территории Северного Казахстана устойчивый снежный покров сходит с 1 по 10 апреля. Значение среднеквадратических отклонений дат схода устойчивого снежного покрова составляет 7–12 дней.

Амплитуда колебания дат не превышает 60 дней. Это обусловливается многими причинами: интенсивностью весеннего притока солнечной радиации, адвекцией теплых воздушных масс, залесенностью местности, количеством запасов снега и т.д. Обычно раннее разрушение снежного покрова происходит в малоснежные зимы, а позднее – в многоснежные.

Средняя продолжительность залегания снежного покрова составляет 145 дней, изменяясь с севера (Петропавловск, Булаево) на юг (Торгай) от 150 до 116 дней. Минимальное число дней со снегом на исследуемой территории составляет 77 дней, максимальное – 187 дней (Урицкий).

Для исследуемых параметров снежного покрова были рассчитаны тренды (рис. 1), которые указывают на тенденцию более позднего образования и более раннего разрушения устойчивого снежного покрова и уменьшения продолжительности его залегания [7].

На рисунке 3 приведена пространственно-временная изменчивость дат установления снежного покрова в период 1971–2008 гг. для рассматриваемой территории. Рассчитанные тренды указывают на значимую тенденцию более поздних сроков образования устойчивого снежного покрова (0,20–0,28 сут/год).

Процесс весеннего снеготаяния и разрушения устойчивого снежного покрова начинается с третьей декады марта и завершается окончательно в северных районах в конце апреля. Сроки начала весеннего снеготаяния устойчивого снежного покрова из года в год могут отклоняться от средних многолетних значений почти в таких же пределах, что и сроки установления снежного покрова. На рисунке 4 приведена динамика дат схода снежного покрова.

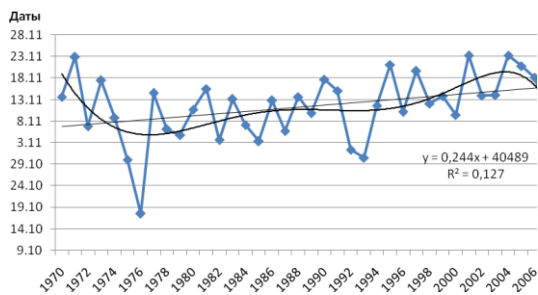


Рисунок 3 – Динамика дат образования устойчивого снежного покрова для территории Северного Казахстана

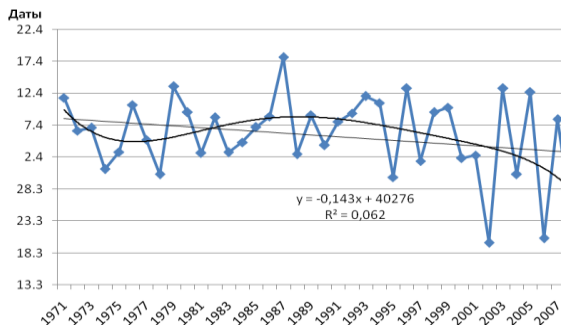


Рисунок 4 – Динамика дат разрушения устойчивого снежного покрова для территории Северного Казахстана

Для продолжительности залегания снежного покрова рассчитан тренд $-3,8$ сут/10 лет, который указывает на тенденцию уменьшения продолжительности залегания снежного покрова.

Формирование и разрушение снежного покрова находится в тесной зависимости от температурных условий. Изменение дат образования и разрушения снежного покрова связано с региональным потеплением.

Позднее установление снежного покрова и раннее разрушение определяется аномально теплой осенью и весной. Напротив, раннее установление и позднее разрушение обуславливается аномально холодной осенью и весной. Раннее образование устойчивого снежного покрова наблюдается, когда средняя месячная температура воздуха в октябре и ноябре ниже средних многолетних значений на $2-5$ °С. Поздние сроки установления снежного покрова наблюдаются в теплые осени, когда аномалии температуры положительные (на $3-5$ °С выше нормы). Раннее разрушение устойчивого снежного покрова происходит весной при положительных аномалиях температуры воздуха в марте от 3 до 5, иногда 7 °С. Поздний сход снежного покрова отмечается при отрицательных аномалиях температуры в марте и апреле минус 2 – минус 5 °С. Обычно позднее разрушения устойчивого снежного покрова происходит в многоснежные зимы, а ранние – в малоснежные.

Коэффициент корреляции между датой установления снежного покрова и температурой воздуха октября–ноября составил 0,54, а между датой схода снежного покрова и температурой воздуха марта–апреля коэффициент корреляции $-0,55$. Коэффициент корреляции между датой установления устойчивого снежного покрова и температурой воздуха отдельно для октября составляет 0,40, а для ноября 0,58. Коэффициент корреляции между датой схода устойчивого снежного покрова и температурой воздуха марта равен $-0,78$. Следовательно, между изменениями температуры воздуха холодного периода и

сроками образования и разрушения устойчивого снежного покрова существует значимая корреляция.

Между числом дней со снежным покровом, температурами воздуха и количеством осадков, осредненными за холодный период, значимой корреляционной зависимости на рассматриваемой территории не обнаружено. Однако, в большинстве экстремальных случаев малая продолжительность залегания снежного покрова наблюдается при положительных аномалиях температуры воздуха холодного периода, а большая – при отрицательных аномалиях температуры воздуха

6 Conclusion

В результате проведенного исследования получены следующие выводы:

1. На большей части Северного Казахстана снежный покров образуется к середине ноября. В отдельные годы наблюдаются отклонения от обычного режима, когда образование устойчивого снежного покрова затягивается в северных районах до конца ноября и начала декабря, в южных – до середины декабря, и наоборот, когда устойчивый снежный покров формируется на 10–20 дней раньше обычного срока. В зимние месяцы на территории Северного Казахстана интенсивных оттепелей, разрушающих полностью снежный покров, почти не наблюдается. Почти на всей территории Северного Казахстана устойчивый снежный покров разрушается с 1 по 10 апреля.

2. Исследована пространственно-временная изменчивость дат установления и схода снежного покрова в период 1971–2008 гг. для территории Казахстана. Рассчитанные тренды указывают на значимую тенденцию более поздних сроков образования устойчивого снежного покрова ($0,20-0,28$ сут/год); слабую тенденцию смещения сроков схода устойчивого снежного покрова на более ранние даты ($0,10-0,17$ сут/год).

3. Продолжительность залегания снежного покрова колеблется в широких пределах и существенным образом зависит от его мощности, интенсивности радиационно-адвективных факторов и особенностей рельефа. Средняя продолжительность залегания снежного покрова составляет 145 дней, изменяясь с севера на юг от 162 до 115 дней.

Уменьшение продолжительности залегания снежного покрова наблюдается с середины 90-х годов XX века, особенно значительное в последнее десятилетие, коэффициент линейного тренда составляет $-3,8$ сут/10 лет.

4. Формирование снежного покрова находится в тесной зависимости от температурных условий. Изменение дат образования и разрушения снежного покрова связано с региональным потеплением. За последние десятилетия отмечается устойчивая тенденция повышения температуры октября со скоростью $0,7$ °С/10 лет. В ноябре температуры воздуха колеблется около средних многолетних значений. Весной, в марте, и в конце зимы, в феврале, наблюдается тенденция к потеплению ($0,9$ °С/10 лет и $0,2$ °С/10 лет соответственно), в апреле отмечается устойчивый тренд к похолоданию ($-1,4$ °С/10 лет). Смещение дат весеннего разрушения снежного покрова на более ранние сроки происходит значительно медленнее, чем смещения сроков его образования.

5. Коэффициент корреляции между датой установления снежного покрова и температурой воздуха октября–ноября составил 0,54, а между датой схода снежного покрова и температурой воздуха марта–апреля коэффициент корреляции $-0,55$.

Значение снежного покрова для обеспечения устойчивости природной среды и сельского хозяйства зерносеющей зоны Северного Казахстана трудно переоценить.

Данные о продолжительности залегания снежного покрова, сроках таяния, в значительной мере определяют сроки начала и окончания полевых работ в земледелии, и как следствие, прогноз урожая. В связи с этим, изучение снежного покрова представляет значительный научный и практический интерес.

References

1. Китаев Л.М., Радионов В.Ф., Форланд Э., Рузаев В.Н., Мартуганов Р.А. Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова на севере Евразии в условиях современных изменений климата // Метеорология и гидрология. – 2004. – №11. – С. 65-71.
2. Китаев Л.М., Рузаев В.Н., Хейно Р., Форланд Э. Продолжительность залегания снежного покрова в Северной Европе // Метеорология и гидрология. – 2006. – №3. – С. 95-100.
3. Оценочный доклад об изменении климата на территории Казахстана / С.А. Долгих, Р.М. Илякова, П.Ж. Кожаметов, Л.И. Никифорова, Е.Е. Петрова. – Астана, 2014. – 55 с.
4. Сальников В.Г., Турулина Г.К., Долгих С.А., Полякова С.Е. Современные тенденции изменения климата // Университеты XXI века: инновации и новые технологии. Материалы международной науч. конф., посв. 75-летию КазНУ им. аль-Фараби, 14-15 октября, 2009 г.). – Алматы: Казак университеті, 2009. – С. 216–220.
5. Salnikov V., Turulina G., Polyakova S., Petrova Ye., Skakova A. Climate change in Kazakhstan during the past 70 years // Quaternary International – 2015. – № 358. – P. 77–82.
6. Сальников В.Г., Турулина Г.К., Полякова С.Е., Долгих С.А. Особенности пространственно-временного распределения осадков в Казахстане // Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2009. – №2(29). – С. 70-77.
7. Турулина Г.К., Сальников В.Г., Полякова С.Е., Муратова Н.Р. Современные тенденции продолжительности залегания устойчивого снежного покрова в Северном Казахстане // Гидрометеорология и экология. – 2013. – №3. – С. 7–15.