

СТРУКТУРА МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

*В.Г. Сальников¹, Г.К. Турулина¹, Е.А. Таланов¹, С.Е. Полякова¹,
А.М. Кауазов², В.В. Воротынцева²*

*¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Республика Казахстан*

*²Институт космических исследований им. академика У.М. Султангазина,
Республика Казахстан*

Vitali.Salnikov@kaznu.kz, Svetlana.Polyakova@kaznu.kz

Особенности образования и разрушения устойчивого снежного покрова (УСП) являются важной характеристикой климатической системы. Снежный покров способствует существенным изменениям радиационного и теплового баланса подстилающей поверхности по сравнению с открытой почвой, а даты установления и схода устойчивого снежного покрова показывают сезонную динамику снега. Сход снежного покрова может косвенно указывать на влагозапасы в почве, вероятность развития засушливых явлений, оценивать потенциальный урожай и пр.

Задачей настоящей работы является оценка текущих тенденций образования и разрушения снежного покрова в Северном Казахстане по многолетним данным. Основным источником изучения снежного покрова служат материалы непосредственных наблюдений на гидрометеорологической сети станций, а также данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

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

средняя месячная температура воздуха за холодный период (октябрь – апрель) и число дней с формами атмосферной циркуляции W, C и E (по классификации Вангенгейма–Гирса).

В качестве сроков залегания снежного покрова в работе использованы фиксируемые на метеостанциях сроки образования и разрушения снежного покрова. В соответствии с методикой Главной геофизической обсерватории (ГГО) за дату образования устойчивого снежного покрова принят первый день периода устойчивого снежного покрова, за дату разрушения – первый день после периода со снежным покровом, когда степень покрытия территории снегом становится менее шести баллов по десятибалльной шкале. Устойчивым считается снежный покров при продолжительности его непрерывного залегания в течение не менее чем 30 дней с перерывами не более трех дней подряд или вразбивку в месячном промежутке [6].

Устойчивый снежный покров образуется в Северном Казахстане в ноябре-декабре (табл. 1), причем его формирование происходит с севера на юг рассматриваемой территории. 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), на юге области устойчивый снежный покров образуется в конце ноября – начале декабря. Самое раннее образование устойчивого снежного покрова на севере республики наблюдалось 3–9 октября, самое позднее – 18–24 декабря и даже в первой декаде января.

Разрушение устойчивого снежного покрова происходит в течение двух месяцев – марта и апреля. Самое раннее разрушение устойчивого снежного покрова на севере республики наблюдалось 5–10 марта, самое позднее – 25–28 апреля. Почти на всей территории Северного Казахстана устойчивый снежный покров сходит с 1 по 10 апреля. Это обуславливается многими причинами: физико-географическими особенностями, интенсивностью весеннего притока солнечной радиации, адвекцией теплых воздушных масс, залесенностью местности, количеством запасов снега и т. д. [7].

На рис. 1 показана пространственно-временная изменчивость дат установления снежного покрова в период 1971–2008 гг. по областям (Акмолинская, Костанайская, Северо-Казахстанская) и в целом для территории. Рассчитанные тренды указывают на

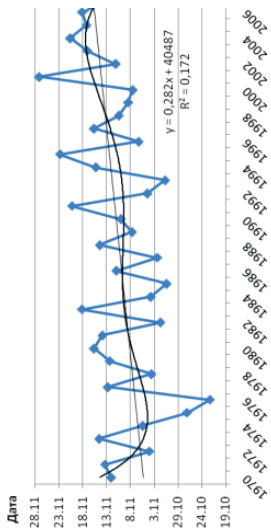
значимую тенденцию более поздних сроков образования устойчивого снежного покрова (0,20–0,28 сут/год).

Таблица 1

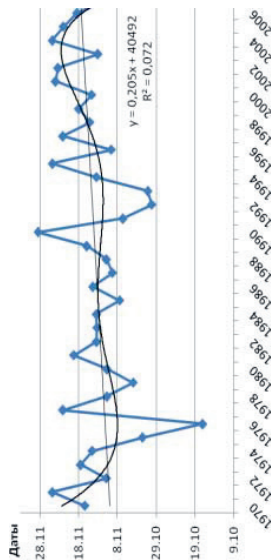
Даты установления и разрушения устойчивого снежного покрова

Станции	Установление УСП				Разрушение УСП			
	средняя	ранняя	поздняя	σ _д	средняя	ранняя	поздняя	σ _д
Аколь	07.11	14.10	06.12	11	07.04	22.03	18.04	7
Астана	10.11	09.10	15.12	13	09.04	06.03	22.04	9
Атбасар	12.11	14.10	16.12	12	11.04	22.03	22.04	7
Балкашино	06.11	18.10	07.12	12	14.04	29.03	27.04	7
Бестау	21.11	13.10	22.12	15	03.04	10.03	19.04	9
Благовещенка	06.11	13.10	14.12	13	09.04	10.03	24.04	9
Булаево	05.11	14.10	14.12	10	06.04	23.03	21.04	8
Возвышенка	08.11	22.10	18.12	11	08.04	20.03	23.04	8
Диевская	17.11	13.10	14.12	14	07.04	12.03	22.04	9
Докучаевка	18.11	27.10	14.12	11	05.04	13.03	20.04	8
Егиндыколь	18.11	12.10	14.12	12	06.04	17.03	22.04	8
Ерейментау	14.11	14.10	25.12	16	03.04	05.03	20.04	10
Есиль	14.11	29.10	18.12	12	30.03	05.03	13.04	8
Жетыгара	18.11	15.10	18.12	13	06.04	19.03	28.04	8
Карасу	09.11	14.10	14.12	11	09.04	17.03	24.04	8
Кишкенеколь	15.11	16.10	23.12	13	06.04	20.03	20.04	9
Кокшетау	13.11	16.10	14.12	12	31.03	20.02	12.04	11
Комсомолец	11.11	13.10	13.12	12	04.04	17.03	21.04	8
Коргалжын	15.11	14.10	14.12	12	07.04	07.03	21.04	8
Костанай	14.11	13.10	14.12	12	06.04	13.03	17.04	8
Кушмурун	18.11	17.10	04.12	12	03.04	15.03	20.04	9
Михайловка	14.11	13.10	22.12	14	04.04	08.03	19.04	9
Петропавловск	10.11	24.10	14.12	11	10.04	20.03	22.04	8
Пресногорьковка	09.11	13.10	13.12	13	11.04	24.03	26.04	9
Рудный	14.11	13.10	14.12	13	01.04	14.03	12.04	7
Рузаевка	11.11	22.10	14.12	11	09.04	20.03	23.04	9
Саумалколь	06.11	14.10	15.12	12	07.04	17.03	22.04	8
Сергеевка	11.11	22.10	14.12	12	05.04	18.03	17.04	8
Степногорск	10.11	24.10	15.12	12	02.04	11.03	19.04	8
Тайынша	12.11	14.10	24.12	15	30.03	09.03	20.04	12
Торгай	03.12	18.10	11.01	15	31.03	15.03	20.04	9
Урицкий	09.11	03.10	15.12	12	08.04	18.03	18.04	8
Щучинск	07.11	13.10	28.11	11	05.04	05.03	18.04	10
Явленка	10.11	14.10	14.12	12	07.04	05.03	25.04	10

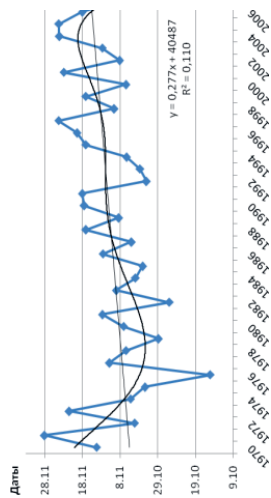
Акмолинская область



Костанайская область



Северо-Казахстанская область



Территория Северного Казахстана

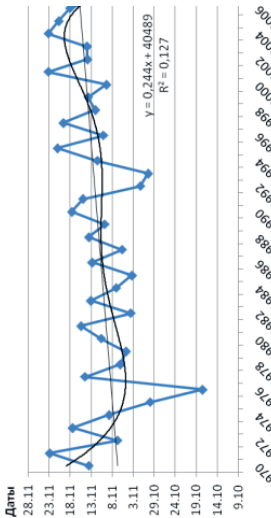


Рис. 1. Динамика дат образования устойчивого снежного покрова по областям и для всей территории Северного Казахстана.

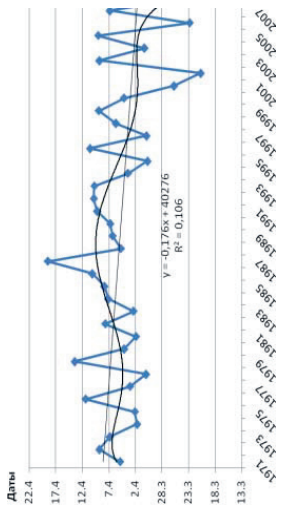
Динамика дат разрушения снежного покрова для тех же областей приведена на рис. 2. На исследуемой территории отмечается слабая тенденция смещения сроков схода устойчивого снежного покрова на более ранние даты (0,10–0,17 сут/год), но тренды статистически не значимы.

Известно, что формирование снежного покрова находится в тесной зависимости от температурных условий. Изменение дат образования и разрушения снежного покрова связано с региональным потеплением. Согласно исследованиям С.А. Долгих, наблюдающееся глобальное потепление проявляется во всех регионах Казахстана. Так, в Северном Казахстане наибольшее повышение температуры воздуха в период 1941–2012 гг. характерно для осени (0,3 °C/10 лет), зимы (0,28–0,34 °C/10 лет) и особенно весны (0,35–0,37 °C/10 лет), для лета темпы повышения несколько ниже (0,20–0,25 °C/10 лет). Все тенденции повышения температуры статистически значимы [5].

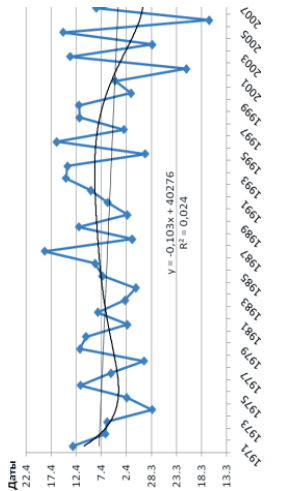
Позднее установление снежного покрова и раннее разрушение определяется аномально теплой осенью и весной. Напротив, раннее установление и позднее разрушение обуславливается аномально холодной осенью и весной. Исследование показало, что раннее образование устойчивого снежного покрова наблюдается, когда средняя месячная температура воздуха в октябре и ноябре ниже средних многолетних значений на 2–5 °C. В теплые осени, когда аномалии температуры положительные (на 3–5 °C выше нормы) отмечаются поздние сроки установления снежного покрова.

Весной раннее разрушение устойчивого снежного покрова происходит при положительных аномалиях температуры воздуха в марте от 3 до 5 °C, иногда 7 °C, поздний сход снежного покрова – при отрицательных аномалиях температуры в марте и апреле минус 2 – минус 5 °C. Достаточно часто позднее разрушение устойчивого снежного покрова происходит в многоснежные зимы, а раннее – в малоснежные. Между сроками образования и разрушения устойчивого снежного покрова и изменениями температуры воздуха холодного периода существует значимая корреляция (рис. 3, 4). Коэффициент корреляции между датой установления снежного покрова и температуры воздуха октября-ноября составил 0,54, а между датой схода снежного покрова и температурой воздуха марта-апреля – минус 0,55.

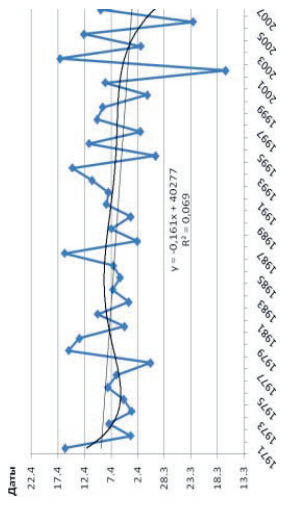
Акмолинская область



Костанайская область



Северо-Казахстанская область



Территория Северного Казахстана

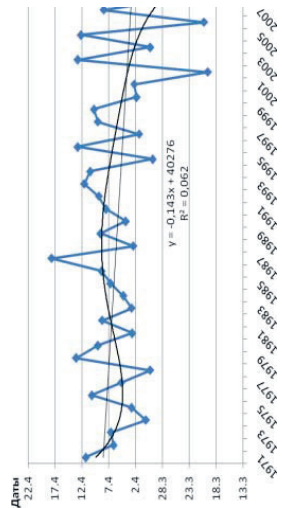


Рис. 2. Динамика дат разрушения устойчивого снежного покрова по областям и для всей территории Северного Казахстана.

Заметим, что в ряде исследований [4, 6] показана возможность прогноза засух на основании высоты залегания и положения границы схода снежного покрова в весенний период. Автор [6] установил, что после раннего схода снежного покрова на юге ЕТР наблюдаются сильные засухи. Наоборот, когда имело место позднее таяние снега (границы снежного покрова южнее обычной), на юге ЕТР засухи не было, поздний сход снежного покрова обуславливает достаточное количество осадков в весенне-летний период.

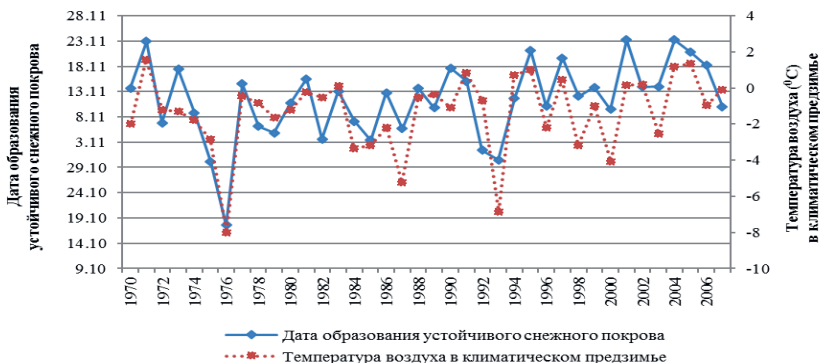


Рис. 3. Многолетняя изменчивость дат образования устойчивого снежного покрова и температуры воздуха в климатическом предзимье (октябрь-ноябрь) в Северном Казахстане.

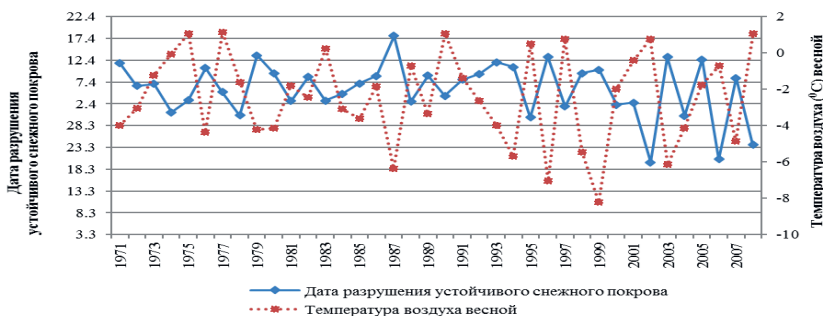


Рис. 4. Многолетняя изменчивость дат разрушения устойчивого снежного покрова и температуры воздуха весной (март-апрель) в Северном Казахстане.

Одним из механизмов, определяющих все многообразие региональных особенностей климата, является атмосферная циркуляция. Флуктуации общей циркуляции атмосферы характеризуются относительным преобладанием зональных или меридиональных форм. Это обстоятельно отражается в классификации Вангенгейма-Гирса. Основными формами циркуляции являются зональная циркуляция E и C, отличающиеся географическим положением высотных гребней и ложбин. Исследование межгодовой изменчивости указанных типов циркуляции в холодный период (X–III) с 1891 по 2008 г. показало, что с конца 60-х годов XX века наряду с усилением зонального переноса и, следовательно, более частым выносом теплых и влажных воздушных масс с акватории Северной Атлантики на материк активизировалась и меридиональная форма C, при которой наблюдается усиление теплообмена южных широт с умеренными и высокими широтами. Повторяемость восточной формы E, сопровождающейся северными и северо-восточными вторжениями на Казахстан, уменьшается [1, 8].

Раннее установление снежного покрова осенью определяется преобладанием восточной формы E циркуляции в тропосфере атлантико-евразийского сектора (78 % случаев). Позднее образование снежного покрова наблюдается при преобладании в октябре и ноябре зональной W и меридиональной C форм циркуляции (в 67 % случаев). Раннее разрушение снежного покрова происходит под воздействием меридиональной формы C, а поздний сход – восточной формы E (в 67 % случаев) (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент корреляции между сроками установления и разрушения УСП и числом дней с формами циркуляции

Форма циркуляции	Установление УСП	Разрушение УСП
W	0,49	-0,05
C	0,13	-0,34
E	-0,49	0,27

В настоящее время для исследования закономерностей территориально-временной изменчивости установления и схода снежного покрова применяются спутниковые снимки, обладающие рядом известных преимуществ – оперативность, регулярность, широкий пространственный охват, поэтому результаты, полученные с помощью сети наземных станций, сопоставлялись с данными космического мониторинга. С помощью космической информации были зафиксированы границы распространения снежного покрова на обширной территории. Были построены карты снеготаяния, которые позволяют значительно дополнить информацию о пространственных особенностях процесса схода снежного покрова в Северном Казахстане. Для иллюстрации на рис. 5 представлены карты снеготаяния за 2001–2008 гг. [2].

Особый интерес представляет изучение темпов схода устойчивого снежного покрова, детальные характеристики которых позволяют получить только спутниковые снимки.

Темпы схода снежного покрова не равномерны: максимальная скорость наблюдается в последнюю пентаду марта, а минимальная – в начале снеготаяния. Средняя скорость схода снежного покрова составляет 8,3 % территории за пентаду или 1,6 % (~7400 км²) территории трех северных областей в сутки. В целом скорость таяния достигает максимума в середине снеготаяния, уменьшаясь в конце и начале снеготаяния. Очевидно, что начальный минимум объясняется малыми (по сравнению с общей площадью снежного покрова) масштабами территории, охваченной таянием, а конечный минимум объясняется малой площадью оставшегося снежного покрова. Наглядно низкие темпы видны в начале и конце снеготаяния на графике, где представлены накопленные площади изучаемой территории, освободившиеся от снега (рис. 6).

Период весеннего снеготаяния длится с 6 пентады февраля по 4 пентаду апреля. Наиболее ранний сход снега отмечается в 2008 г. Наиболее поздний сход снега по всем трем северным областям отмечается в 2003 и 2005 гг. Участки наиболее позднего схода снежного покрова по многолетним спутниковым данным располагаются на территории крайне северных районов Северо-Казахстанской области и в районе Кокшетауской возвышенности в Акмолинской области.

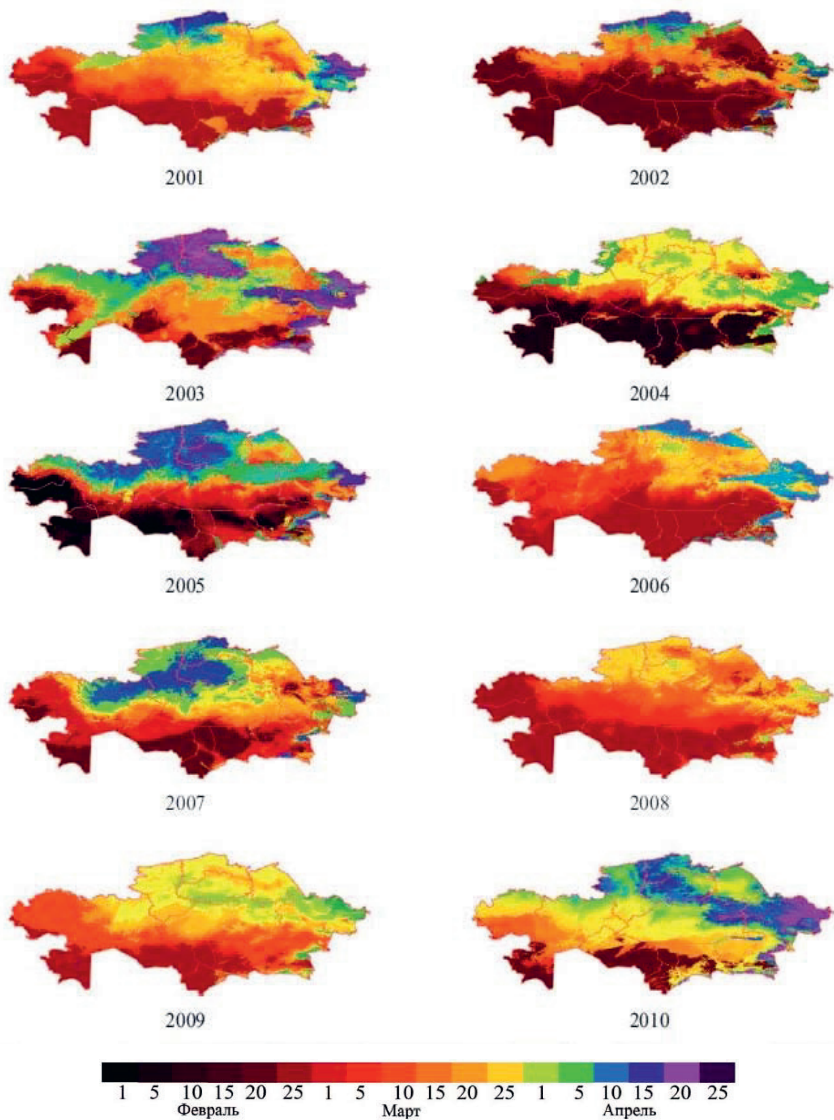


Рис. 5. Динамика схода снежного покрова по годам в 2001–2010 гг.

Пентадное распределение среднеголетних значений дат схода снега позволяет отследить формирование очагов с ранними и поздними сроками схода снежного покрова. По многолетним спутниковым наблюдениям, раньше всего освобождается от снега территория юга Костанайской области, а на территории Северного Казахстана наблюдается снеготаяние лишь к 2 и 3-й пентаде апреля.

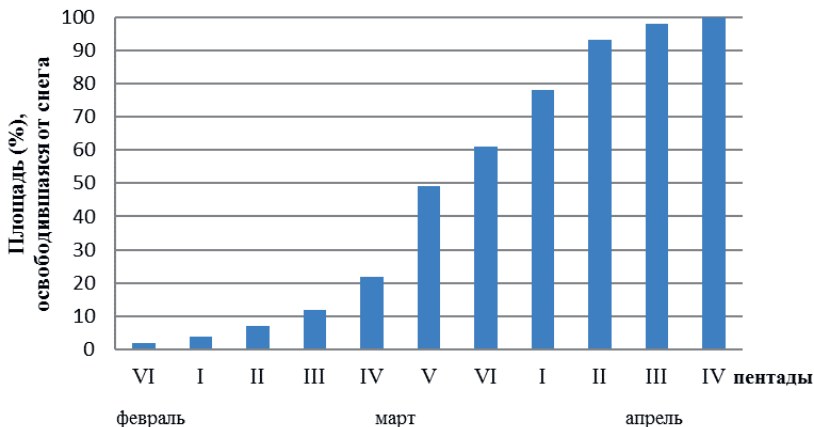


Рис. 6. Среднеголетние пентадные значения площадей (%), освободившихся от снега на исследуемой территории.

Анализ дат схода снежного покрова по данным ДЗЗ также подтвердил тенденцию к более раннему его разрушению. Даты схода снежного покрова, выявленные по космическим снимкам, сопоставимы с датами разрушения устойчивого снежного покрова, полученным по данным наземного мониторинга ($r = 0,93$).

Таким образом, впервые в Казахстане были получены современные и достаточно детальные данные о пространственном распределении схода и разрушения снежного покрова. Осредненные спутниковые карты снеготаяния позволяют значительно дополнить информацию о пространственных особенностях процесса схода снежного покрова в Северном Казахстане. Результаты наземного мониторинга хорошо согласуются с данными, полученными методом дистанционного зондирования. Устойчивый снежный покров в

Северном Казахстане в среднем образуется во второй декаде ноября, а разрушается – в первой половине апреля. В последние десятилетия даты установления устойчивого снежного покрова смещаются на более поздние сроки, а даты разрушения – на более ранние.

Список использованных источников

1. *Багров Н.А., Кондратович К.В., Педь Д.А., Угрюмов А.И.* Долгосрочные метеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 248 с.

2. *Кауазов А.М., Муратова Н.Р., Тюребаева С.И.* Анализ динамики схода снежного покрова в Республике Казахстан с 2001 по 2010 г. по спутниковым данным NOAA/AVHRR // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – № 2. – С. 42–46.

3. Климатология / О.А. Дроздов, В.А. Васильев, Н.В. Кобышева, А.Н. Раевский, Л.К. Смекалова, Е.П. Школьный: Учебник. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 568 с.

4. *Локощенко М.А.* Снежный покров и его современные изменения в Москве // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 6. – С. 71–82.

5. Оценочный доклад об изменении климата на территории Казахстана / С.А. Долгих, Р.М. Илякова, П.Ж. Кожакметов, Л.И. Никифорова, Е.Е. Петрова. – Астана, 2014. – 55 с.

6. *Попова В.В.* Структура многолетних колебаний высоты снежного покрова в Северной Евразии // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 8. – С. 78–90.

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.

8. *Сальников В.Г., Турулина Г.К., Полякова С.Е.* Атмосферная циркуляция и особенности распределения аномалий температуры и осадков в Казахстане // Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2010. – № 2 (31). – С. 62–75.

Поступила в редакцию 20.10.2015 г.