

## Влияние циркуляции атмосферы на формирование снежного покрова на северо-востоке Сибири

© 2012 г. Н.К. Кононова

Институт географии РАН, Москва

*NinaKononova@yandex.ru*

Статья принята к печати 2 августа 2011 г.

Северное полушарие, Сибирь, снежный покров, циркуляция атмосферы.  
Atmospheric circulation, Northern Hemisphere, snow cover, Siberia.

По суточным данным пяти гидрометеорологических станций, расположенных в разных районах северо-востока Сибири, проанализировано изменение дат формирования, схода, периода залегания и максимальной толщины снежного покрова по годам за весь период наблюдений на них, включая 2008 г. Полученные результаты сопоставлены с многолетними изменениями характера циркуляции атмосферы в типизации Б.Л. Дзердзеевского, В.М. Курганской и З.М. Витвицкой над Северным полушарием в целом и конкретным регионом. Рассмотрены различия в колебаниях выделенных показателей по циркуляционным эпохам. Выявлены типы циркуляции, способствовавшие раннему или позднему формированию снежного покрова и его сходу. Определены макроциркуляционные процессы, при которых отмечаются много- или малоснежные зимы. Установлено, что на северо-востоке в последние годы при резких межгодовых колебаниях преобладают поздние даты установления и ранние даты схода снежного покрова, а максимальная толщина снега превышает среднемноголетнюю величину. Сроки установления максимальной толщины снежного покрова смещены на более поздние по сравнению со средними, что свидетельствует об увеличении доли твёрдых осадков и снеготпасов к концу зимы. Этому способствует и большая продолжительность блокирующих процессов.

### Введение

Исследованиям многолетних колебаний снежного покрова в различных регионах Земли посвящено много работ. В некоторых из них состояние снежного покрова изучается с учётом циркуляции атмосферы. Так, в работе Р.М. Вильфанда с соавторами [1] на основе корреляционного анализа рассматривается связь границы залегания снежного покрова с интенсивностью циклонической деятельности над Северным полушарием. В работах А.Н. Кренке с соавторами [9, 10, 12, 13] исследованы связь многолетних колебаний толщины снежного покрова с циркуляцией атмосферы, а также снежного покрова на территории Северной Евразии с Эль-Ниньо и индийским муссоном; ими же анализируются изменения площади, толщины, снеготпасов и продолжительности залегания снежного покрова в последние десятилетия XX в. В работе К.В. Коняева и А.Н. Золотокрылина [8] аномалии площади снежного покрова в Северном полушарии сопоставлены с продолжительностью типов циркуляции по Б.Л. Дзердзеевскому. В работах В.В. Поповой показано, что самые значительные изменения толщины снежного покрова в Северной Евразии связаны с усилением зонального переноса в высоких широтах.

В работе [7] приведены результаты анализа многолетних изменений продолжительности макроциркуляционных процессов, способствующих формированию и сохранению снежного покрова в шести физико-географических районах Восточной Сибири. Установлено, что тенденции изменения сумм осадков холодного периода для северных и южных регионов Восточной Сибири различны и согласуются с тенденциями изменения суммарной продолжительности осадкообразующих элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) соответствующих регионов. В северных регионах отмечаются увеличение продолжительности осадкообразующих ЭЦМ и рост осадков холодного периода, в южных регионах, напротив, их уменьшение [7]. Собственно снежный покров тогда не рассматривался, отмечалось только уменьшение на северо-востоке толщины снежного покрова в последние десятилетия XX в., несмотря на рост количества осадков в холодный период. В развитие той работы по суточным данным пяти ГМС, расположенных в разных районах северо-востока Сибири, сейчас мы анализируем изменения по годам (за весь период наблюдений, включая 2008 г.) дат формирования и схода снежного покрова, его максимальной толщины и продолжительности залегания.

Таблица 1. Характеристика метеорологических станций, использованных в работе

Индекс ВМО	ГМС	Координаты		Год начала наблюдений за снежным покровом	Переносы станций и пропуски в наблюдениях
		широта	долгота		
25563	Анадырь	64°47'	177°34'	1928	1.12.1935 г. из пос. Анадырь в пос. Комбинат, на 5 км к СВ. Пропуски в отдельные месяцы 1929–1931, 1934, 1935, 1953, 1954, 1965–1967, 1971, 1999, 2000 гг.
21946	Чокурдах	70°37'	147°53'	1944	20.05.1955 г. на 800 м к ССВ. Пропуски в отдельные месяцы 1967 и 2000 гг.
21982	Остров Врангеля	70°59'	181°31'	1934	В 1934 г с берега на косу (1 км). Пропуски в отдельные месяцы 1935, 1943, 1962, 1963, 1965, 1999, 2000 гг. и полностью с 1966 по 1983 гг.
24266	Верхоянск	67°34'	133°24'	1927	30.10.1940 г. на 1,5 км к ССВ, 27.04.1947 г. на 2,5 км к ЮЮВ в р-н аэропорта; 06.09.1999 г. из аэропорта на 2,5–3 км к ЮЗ. Пропуски в отдельные месяцы 1927, 1928, 1947, 1999 гг.
25551	Марково	64°41'	170°25'	1938	Перенос в 1940 г. на 25 км к В, в октябре 1942 г. – обратно в Марково. Пропуски в отдельные месяцы 1940–1942, 1999, 2000 гг.

### Методы и материалы

Для анализа циркуляции атмосферы использованы типизация циркуляции атмосферы Северного полушария, разработанная Б.Л. Дзердзеевским, В.М. Курганской и З.М. Витвицкой [4], и сделанные на её основе Календарь последовательной смены ЭЦМ, расчёты продолжительности ЭЦМ и групп ЭЦМ для Северного полушария, а также дальневосточного и тихоокеанского секторов, к которым относятся ГМС, по месяцам и годам за 1899–2010 гг. ([www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru)). Таблицы распределения ЭЦМ по группам для Северного полушария и его секторов приведены в [2, 3] и повторены в [6]. ЭЦМ, с которыми связаны осадки холодного периода в различных физико-географических районах Восточной Сибири, в том числе на северо-востоке, выделены в работе [7].

Для анализа изменения характеристик снежного покрова по годам использованы все приведенные на сайте ВНИИГМИ-МЦД ([http://meteo.ru/climate/sp\\_clim.php](http://meteo.ru/climate/sp_clim.php)) суточные данные наблюдений за толщиной снежного покрова пяти ГМС, расположенных в разных районах северо-востока Сибири: Анадырь, Чокурдах, Остров Врангеля, Верхоянск и Марково. Все 18 станций, работающих на северо-востоке Сибири, имеют переносы и пропуски в наблюдениях, поэтому для анализа отбирались станции с наиболее длинным рядом наблюдений за снежным покровом, с наименьшими пропусками и переносами; они характеризуют разные географические районы, в том числе и островную часть (табл. 1). Самая юго-западная станция на рассматриваемой территории – Верхоянск, самая северо-восточная – Остров Врангеля. Эта станция, правда, имеет самое большое число пропусков, но она в этом районе – единственная.

Для анализа межгодовых изменений средней температуры воздуха и сумм осадков за холодный период на рассматриваемых станциях использована база климатических данных ИГКЭ (<http://www.climatechange.su>). Чтобы иметь возможность сравнивать с периодом залегания снежного покрова на северо-востоке, средние температуры воздуха и суммы осадков холодного периода рассчитывались с ноября по апрель.

Датой установления снежного покрова считалась дата, начиная с которой снежный покров отмечался ежедневно в течение всего холодного периода. Исключение составляет о. Врангеля, где в середине зимы почти ежегодно снежный покров либо совсем отсутствует, либо залегает с перерывами. Датой схода снежного покрова считался день, начиная с которого снежный покров либо совсем отсутствовал до осени, либо появлялся с перерывами. За продолжительность залегания снежного покрова принимался период между датами установления и схода в каждом холодном периоде. Максимальная толщина снежного покрова отмечалась по суточным данным.

### Полученные результаты

Северо-восток Сибири – это регион, лежащий к востоку от 120° в.д. и к северу от 60° с.ш. По характеру циркуляции атмосферы территория между 120 и 170 меридианами относится к дальневосточному сектору Северного полушария [2, 3], а восточнее – к тихоокеанскому. В тихоокеанском секторе находятся ГМС Анадырь, Марково и Остров Врангеля. Обильные снегопады выпадают здесь в основном при южных (тихоокеанских) циклонах, так как западные циклоны приходят сюда уже ослабленными и приносят мало осадков.

Таблица 2. Характеристики снежного покрова по данным выбранных ГМС

ГМС	Дата установления/Дата схода	Продолжительность залегания снежного покрова, дни	Толщина снежного покрова, см
Анадырь	Средняя – 17.10/19.05; ранняя – 23.09.1993/28.04.1992; поздняя – 28.11.1959/24.06.1951	Средняя – 214; максимальная – 247 (1945/46); минимальная – 173 (1959/60)	Средняя – 34; максимальная – 122 (15.06.1946); минимальная – 10 (10.05.1990)
Чокурдах	Средняя – 26.09/02.06; ранняя – 05.09.2001/07.05.1949; поздняя – 13.10.1959, 1975, 1982/23.06.1982	Средняя – 249; максимальная – 279 (2001/02); минимальная – 218 (1982/83)	Средняя – 44; максимальная – 82 (09.05.1997); минимальная – 13 (27–29.04.1952)
Остров Врангеля	Средняя – 18.10/28.05; ранняя – 08.09.1960/25.04.1941; поздняя – 08.01.1938/01.07.1934	Средняя – 223; максимальная – 262 (1948/49); минимальная – 141 (1937/38)	Средняя – 17; максимальная – 42 (01–07.11.1944); минимальная – 3 (22–24.02.1964, 28.10– 03.11.1992; 09–11.05.1993)
Верхоянск	Средняя – 07.10/07.05; ранняя – 16.09.2000/18.04.2007; поздняя – 07.11.2007/10.06.1933	Средняя – 212; максимальная – 240 (1956/57); минимальная – 178(2007/08)	Средняя – 25; максимальная – 46 (13.03–12.04.1967); минимальная – 11 (31.12.1963–27.01.1964)
Марково	Средняя – 11.10/26.05; ранняя – 23.09.1965/09.05.1945; поздняя – 11.11.1954/14.06.1966	Средняя – 227; максимальная – 264 (1965/66); минимальная – 186(1954/55)	Средняя – 80; максимальная – 117 (30.12.1949; 18.04.1962); минимальная – 29 (09.04.1945)

В соответствии с группировкой для дальневосточного и тихоокеанского секторов [2, 3] осадкообразующие ЭЦМ для северо-востока Сибири относятся к четырём группам: 1) *1a* и *12a* – к долготной южной (перемещение южных циклонов вдоль дальневосточного побережья с выходом на Чукотский полуостров); 2) *4a*, *8a*, *8вз*, *8гз* и *9б* – к широтной западной в сочетании с долготной южной (перемещение циклонов с запада вдоль северных берегов Сибири с одновременным выходом южных циклонов на Чукотский полуостров); 3) *1б* – к широтной западной в сочетании со стационарным положением (перемещение циклонов с запада вдоль северных берегов Сибири по северной периферии сибирского антициклона, занимающего большую часть Сибири); 4) *8бз*, *11в* и *11г* – к долготной северной в сочетании с долготной южной (прорыв южных циклонов на Чукотский полуостров вдоль дальневосточного побережья, когда сибирский антициклон соединён северным отрогом с арктическим антициклоном).

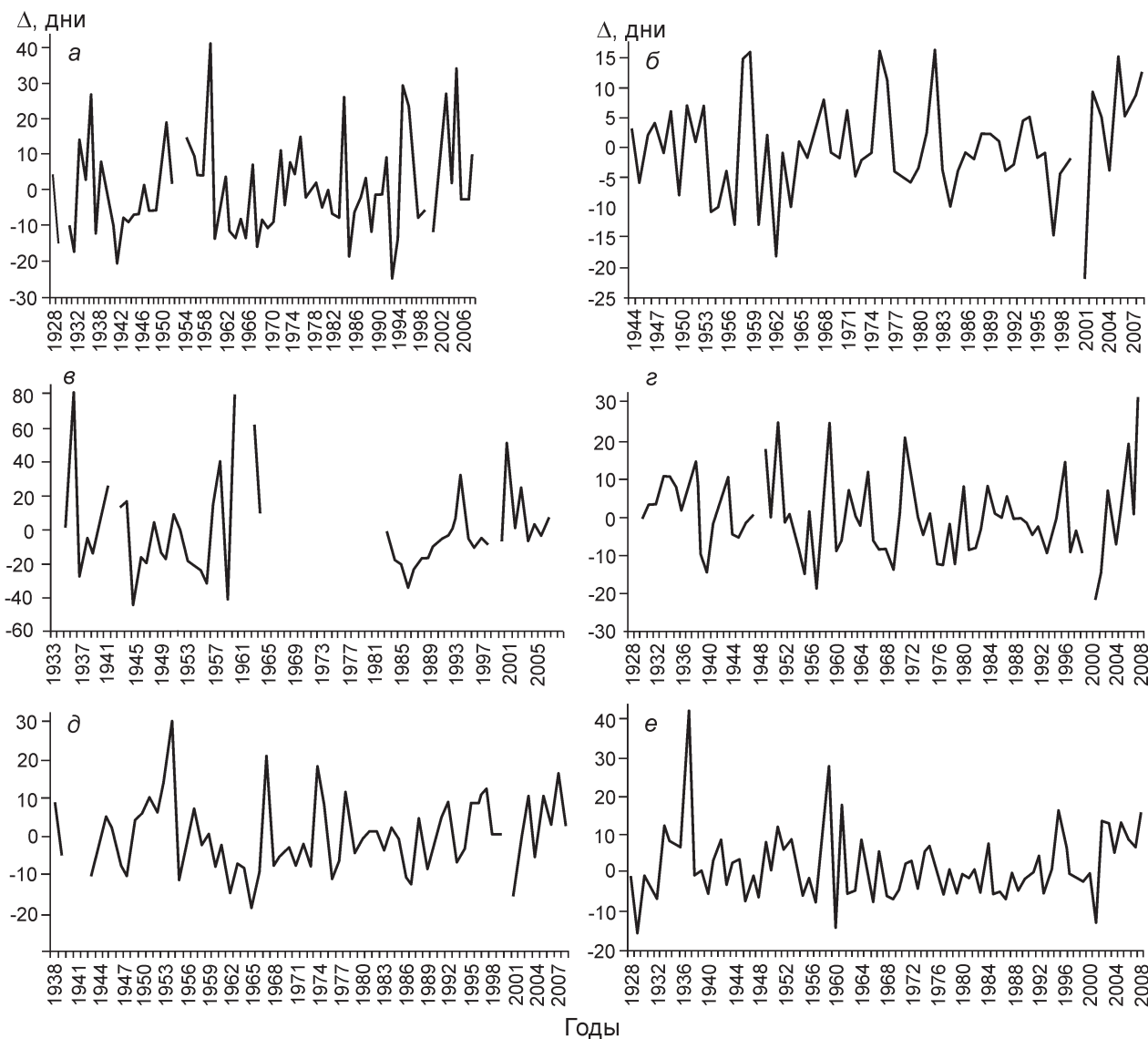
При всех ЭЦМ, кроме ЭЦМ *1б*, присутствует выход тихоокеанских циклонов. Поскольку в этом регионе, как показал наш предыдущий анализ [14], средняя толщина снежного покрова в течение XX в. уменьшается, остановимся на особенностях формирования снежного покрова в этом регионе подробнее.

**Даты установления снежного покрова.** Снежный покров на северо-востоке Сибири устанавливается в среднем за весь период наблюдений в конце сентября – октябре (табл. 2), причём раньше всего – в районе ГМС Чокурдах (в среднем 26 сен-

тября), а позднее всего – на ГМС Остров Врангеля (18 октября). Колебания дат связаны с изменением характера циркуляции атмосферы. На рис. 1, *a–d* показан многолетний ход отклонений дат установления снежного покрова на каждой станции от средней даты на этой станции, а также средних дат по территории в каждом году от средней за период наблюдений (см. рис. 1, *e*). Хорошо видны три всплеска ранних (отрицательные отклонения) и столько же поздних (положительные отклонения) дат установления снежного покрова.

Первые наиболее ранние даты установления снежного покрова отмечались: на ГМС Анадырь 28.09.1942 г., Верхоянск 23.09.1939 г., Чокурдах 21.09.1945 г., Остров Врангеля 04.09.1946 г. (это самая ранняя дата на этой станции), Марково 01.10.1943 г. Все они относятся к зональной циркуляционной эпохе, периоду потепления Арктики.

Второй период ранних дат относится к 1960-м годам, т.е. к началу меридиональной южной циркуляционной эпохи, когда суммарная продолжительность южных циклонов стала выше средней. Третий период ранних дат совпадает с максимальной суммарной продолжительностью южных циклонов на Северном полушарии в 1990-х годах, а следовательно, и наиболее частым их выходом в дальневосточном и тихоокеанском секторах. Так, самая ранняя дата установления снежного покрова на ГМС Анадырь приходится на 23.09.1993 г. В том году в 20-х числах сентября один за другим следовали ЭЦМ *9a*, *12a* и *13a*, при которых тихоокеанские циклоны достигают Чукотки. При отрицательных среднесуточных температурах и обильных



**Рис. 1.** Отклонения ежегодных дат установления снежного покрова от средней за период наблюдения на ГМС. *a–e* на рис. 1–6: *a* – Анадырь; *б* – Чокурдах; *в* – Остров Врангеля; *г* – Верхоянск; *д* – Марково; *е* – средняя по территории

**Fig. 1.** Deviation of annual dates of snow cover formation on average during the observation period. *a–e* on Figures 1–6: *a* – Anadyr; *б* – Chokurdakh; *в* – Island Wrangell; *г* – Verkhoyansk; *д* – Markovo; *е* – the average for the territory

снегопадах снежный покров установился рано. На ГМС Чокурдах ранняя дата – 14 сентября в 1957 и 1960 гг. – также связана с выходом южных циклонов при ЭЦМ 3 и 10б. На ГМС Остров Врангеля самая ранняя дата – 08.09.1960 г. – приходится на третий день действия ЭЦМ 12а, за которым следуют ЭЦМ 13а, 10б и опять 12а, при которых сильные снегопады при южных циклонах способствуют сохранению установившегося снежного покрова. Наиболее раннее установление снежного покрова на ГМС Верхоянск приходится на 16.09.2000 г., на период действия ЭЦМ 13з, за которым следуют ЭЦМ 10а, 13з, 10б и снова 13з. При этих ЭЦМ в этих широтах циклоны перемещаются с запада. Продол-

жительные снегопады способствовали установлению снежного покрова. На ГМС Марково самая ранняя дата – 23.09.1965 г. – совпадает с периодом действия ЭЦМ 7б1, при котором весь северо-восток находится под влиянием западных и южных циклонов, затем следует ЭЦМ 12а с выходом южных циклонов на северо-восток и за ним – ЭЦМ б с арктическим вторжением на эту территорию, т.е. после обильных снегопадов устанавливается антициклоническая ясная морозная погода, способствующая сохранению установившегося снежного покрова. Следовательно, все ранние даты установления снежного покрова связаны с циклоническими ЭЦМ осеннего или даже летнего сезо-

нов. Температура воздуха в сентябре на северо-востоке способствует выпадению осадков в виде снега и их сохранению.

Первый всплеск *поздних дат установления снежного покрова* на территории северо-востока (см. рис. 1, *е*) относится к 1933–1937 гг. и приходится на пик потепления Арктики (1920–1940 гг.). В эти годы средняя температура холодного периода существенно превышала среднюю (см. рис. 5), то же относится к среднемесячным температурам воздуха (База климатических данных ИГКЭ, <http://www.climatechange.su>) Так, на ГМС Остров Врангеля, где зимой 1937/38 г. снежный покров установился только 8 января 1938 г., среднемесячная температура в октябре 1937 г. была выше средней на 2 °С, в ноябре – на 3,2 °С, а в декабре – на 7,2 °С. По данным ГМС Верхоянск, в октябре 1933 г. среднемесячная температура воздуха была на 4,6 °С выше средней, а снежный покров установился на 11 дней позже средней даты, а в 1937 г. – на 15 дней позже неё.

Второй всплеск поздних дат по времени совпадает с концом зональной – началом меридиональной южной циркуляционной эпохи над Северным полушарием. В конце 1950-х – начале 1960-х годов чередование периодов с преобладанием циклонической и антициклонической циркуляции привело к наибольшим за весь период наблюдений на северо-востоке межгодовым колебаниям дат установления снежного покрова. Амплитуда между средними по территории датами в 1959 и 1960 гг. составляет 41 день, а между 1960 и 1961 гг. – 31 день (см. рис. 1, *е*). Третий период роста повторяемости поздних дат относится к середине 1990-х годов – началу XXI в. В этот период рост суммарной продолжительности южных циклонов над Северным полушарием сменяется ростом продолжительности блокирующих процессов. Раннее формирование сибирского антициклона и его северо-восточного отрога ведёт к позднему образованию снежного покрова.

Самая поздняя дата установления снежного покрова по данным ГМС Анадырь – 28.11.1959 г. – приходится на ЭЦМ *11а*. В этом году в октябре–ноябре преобладали ЭЦМ с блокирующими процессами над Восточной Сибирью (*5а, 5б, 5в, 12бз, 12вз, 12г*) и без блокирующих процессов, но с хорошо развитым северо-восточным отрогом сибирского антициклона (*7бз, 13з*). Тихоокеанские циклоны при этом не достигали Чукотки. Только после того, как 23–25 ноября при ЭЦМ *10а* по северу континента прошли циклоны и отрог сибирского антициклона был разрушен, 28 ноября при ЭЦМ *11а* установился снежный покров. Позднее установление снежного покрова отмечалось также

в 2005 г. (21 ноября), перед морозной зимой 2005/06 г., 2003 г. (14 ноября), 1995 г. (16 ноября), 1984 г. (13 ноября) и 1937 г. (14 ноября). Ситуация в эти годы развивалась, как и в 1959 г.

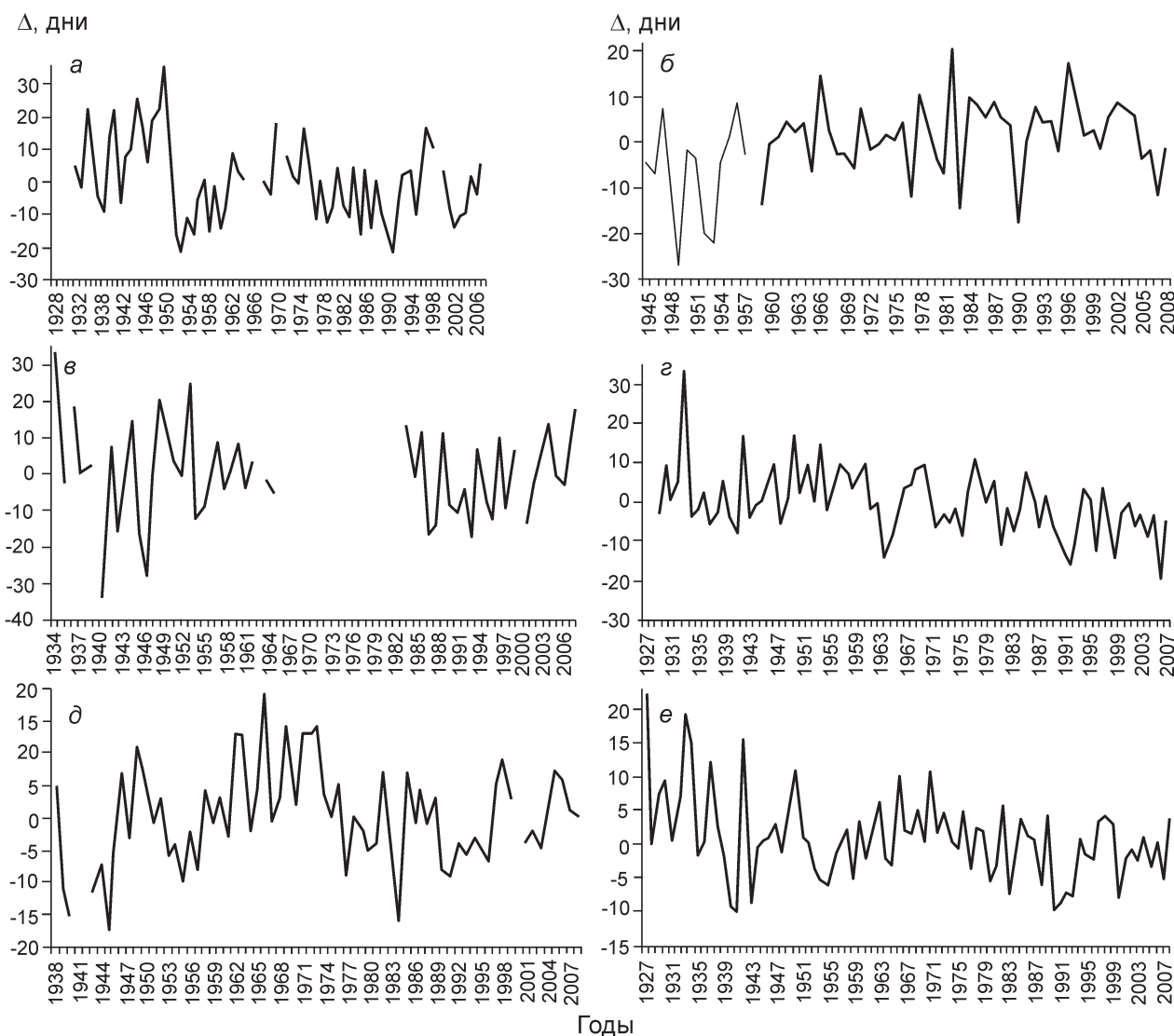
На ГМС Чокурдах самая поздняя дата – 13 октября – отмечалась в 1959, 1975 и 1982 гг. (см. табл. 2). В 1959 г. после прохождения циклонов по северу Сибири при ЭЦМ *10а* (7–9 октября) 10 октября при ЭЦМ *12вз* с выходом тихоокеанского циклона и снегопадами на станции установился снежный покров. В 1975 г. снежный покров установился при ЭЦМ *11а* после прохождения серии циклонов по северу Сибири 1–9 октября при ЭЦМ *1а* и *4б*, а в 1982 г. – на четвёртый день действия ЭЦМ *3*, при котором на северо-восток выйдут и западные, и южные циклоны со снегопадами.

На ГМС Остров Врангеля самая поздняя дата установления снежного покрова – 08.01.1938 г. Об особенностях формирования снежного покрова в том году мы уже говорили. 8 января отмечался ЭЦМ *7бз* с одновременным прохождением циклонов с запада и выходом южных циклонов на эту территорию. На ГМС Верхоянск самая поздняя дата установления снежного покрова – 07.11.2007 г. – совпадает с началом антициклонического для этой территории ЭЦМ *5г*. Перед этим с 1 по 6 ноября отмечались снегопады при прохождении циклонов с запада (ЭЦМ *9б* и *10а*). На ГМС Марково самая поздняя дата – 11.11.1954 г. В это время отмечался ЭЦМ *11а* с выходом тихоокеанских циклонов на рассматриваемую территорию и снегопадами.

Таким образом, все поздние даты установления снежного покрова связаны с циклоническими ЭЦМ преимущественно зимнего сезона.

**Даты схода снежного покрова.** Средние даты схода снежного покрова на северо-востоке Сибири приходятся на период 19 мая – 2 июня (см. табл. 2, рис. 2). Раньше всего он сходит в районе ГМС Анадырь. Хотя среднесуточная температура в этом районе становится положительной только в июне, положительная максимальная температура отмечается уже с 20 марта [7]. Позднее всего снежный покров сходит в районе ГМС Чокурдах.

**Наиболее ранние даты схода снежного покрова** на ГМС Анадырь отмечались с 1953 по 1962 г. и с 1978 г. по настоящее время. Самая ранняя дата – 28.04.1992 г., предыдущая – 29.04.1954 г. Суммарная продолжительность групп циркуляции для дальневосточного сектора, в состав которых входит меридиональная южная циркуляция, составляла в апреле 1992 г. 28 дней, а в апреле 1954 г. – 27 дней, т.е. ранний сход снежного покрова связан с систематическим выходом южных циклонов на эту территорию, осадками в

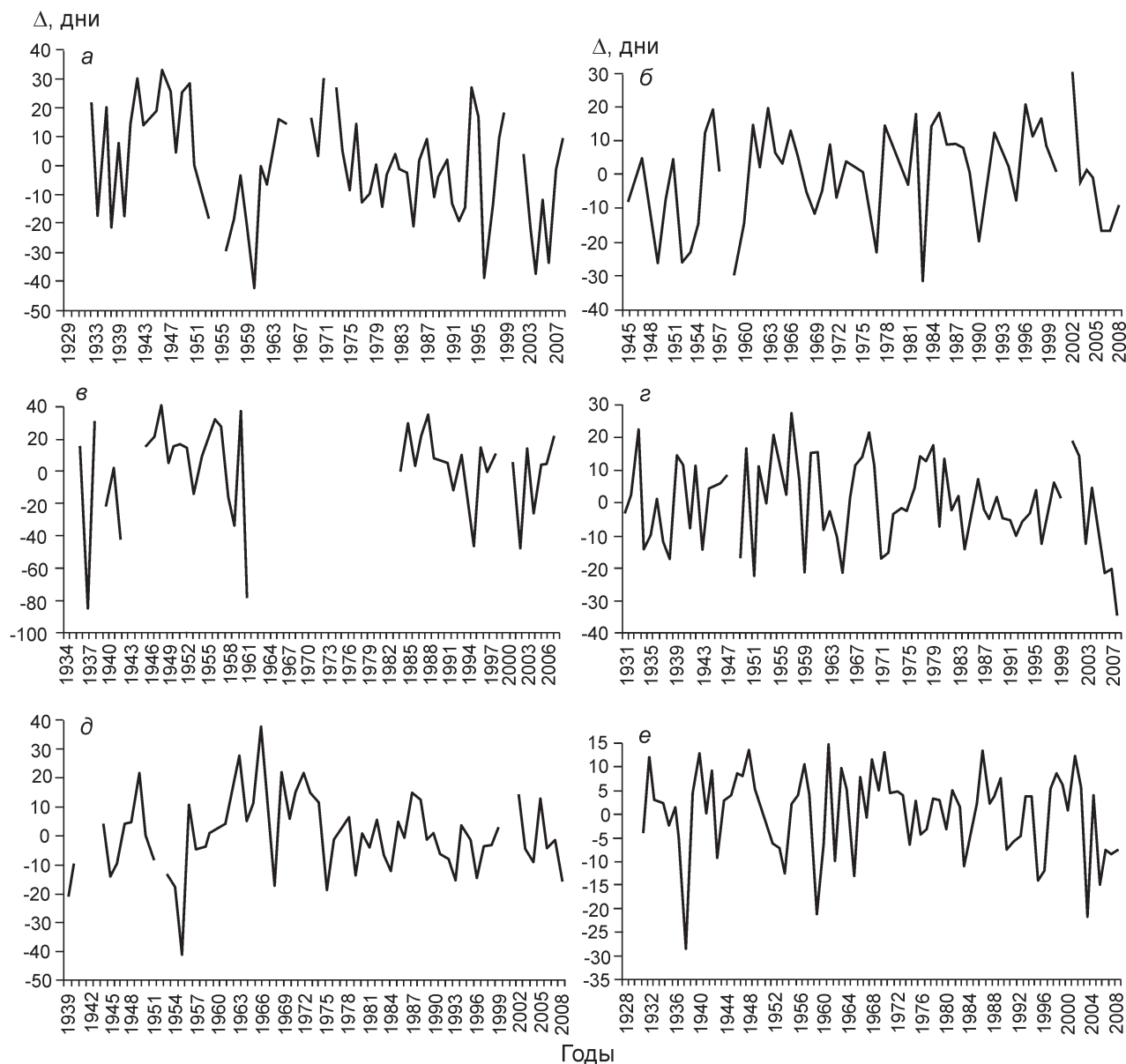


**Рис. 2.** Отклонения ежегодных дат схода снежного покрова от средней за период наблюдения на метеостанциях  
**Fig. 2.** Deviations the annual dates of snow cover destruction on average during the observation period

виде дождя и поддержанием повышенного температурного фона. На ГМС Чокурдах самая ранняя дата схода снежного покрова – 07.05.1949 г. при ЭЦМ 8а, когда западные циклоны, проходящие по северу континента, пополняются южными тихоокеанскими циклонами. На ГМС Остров Врангеля самая ранняя дата схода снежного покрова – 25.04.1941 г. (ЭЦМ 7ал; циклоническая циркуляция над всей Сибирью с пополнением западных циклонов южными тихоокеанскими). На ГМС Верхоянск самая ранняя дата – 18.04.2007 г. (ЭЦМ 13л; циклоническая циркуляция над всей Сибирью), Марково – 09.05.1945 г. (ЭЦМ 4б; циклоническая циркуляция над всей Сибирью с пополнением западных циклонов южными тихоокеанскими).

Таким образом, все ранние даты схода снежного покрова на северо-востоке связаны с весенне-летними ЭЦМ, при которых над этой территорией развивается циклоническая циркуляция, осадки выпадают в виде дождя и поддерживается повышенный температурный фон.

Наиболее поздние даты схода снежного покрова на ГМС Анадырь отмечают в период потепления Арктики, с 1929 по 1952 г., исключая 1934, 1939, 1940 и 1943 гг. Самая поздняя дата – 24.06.1951 г. (ЭЦМ 3). Выделяются также 15.06.1946 г., 11.06.1942 г. и 12.06.1937 г. После 1952 г. преобладают ранние даты схода снежного покрова, связанные с увеличением повторяемости выхода южных циклонов на эту территорию и ранним повышением температуры воздуха. Исключение составляют:



**Рис. 3.** Отклонения ежегодной продолжительности залегания снежного покрова от средней за период наблюдения  
**Fig. 3.** Deviations the annual values of snow cover duration on average during the observation period

07.06.1971 г., 06.07.1976 г. и 05.06.1998 г. На ГМС Чокурдах самая поздняя дата – 23.06.1982 г. (ЭЦМ 13л; циклоническая циркуляция над всей Сибирью с выходом тихоокеанского циклона на северо-восток), ГМС Остров Врангеля – 01.07.1934 г. (ЭЦМ 2в; над Сибирью такая же циркуляция), ГМС Верхоянск – 10.06.1933 г. (тоже ЭЦМ 2в), ГМС Марково – 14.06.1966 г. (ЭЦМ 4а).

Таким образом, поздние даты схода снежного покрова связаны преимущественно с летними циклоническими типами циркуляции. Важны положительная температура и осадки в виде дождя. В среднем по территории за 1927–2008 гг.

даты схода снежного покрова смещаются с поздних на ранние.

**Продолжительность залегания снежного покрова.** Средняя продолжительность залегания снежного покрова на северо-востоке Сибири меняется от 214 дней – ГМС Анадырь до 249 дней – ГМС Чокурдах (см. табл. 2). В целом по территории она колеблется около средней с наибольшей межгодовой амплитудой в 1950–60-е годы и с тенденцией уменьшения продолжительности в начале XXI в. (рис. 3, е), однако на каждой станции есть свои особенности.

Так, на ГМС Анадырь *максимальная продолжительность залегания снежного покрова* в период

потепления Арктики (с зимы 1928/29 г. по зиму 1951/52 г.) превышает среднюю с 1962/63 по 1973/74 г., а затем по 2008 г. — преимущественно ниже средней с большой амплитудой колебания по годам, начиная с зимы 1992/93 г. (см. рис. 3, а). Наиболее долго снежный покров держался зимой 1945/46 г. (247 дней), когда он установился на 7 дней раньше средней даты, 11.10.1945 г. (ЭЦМ 7аз) и сошёл на 26 дней позже средней, 15.06.1946 г. при типично летнем ЭЦМ 4в. До этого в конце мая — первой половине июня чередовались ЭЦМ переходных сезонов, при которых сохранялись северо-восточный отрог сибирского антициклона и отрицательные температуры воздуха. Длительный период залегания снежного покрова отмечался также в зимы 1941/42 (244 дня) и 1949/50 гг. (242 дня). Все эти годы относятся к зональной циркуляционной эпохе. Новое увеличение продолжительности залегания снежного покрова относится к 1970-м годам: зимой 1970/71 г. 244 дня и 1972/73 г. 241 день. В первом случае продолжительность залегания снежного покрова увеличилась в основном за счёт его позднего схода (7 июня), во втором — за счёт раннего формирования (29 сентября).

*Наименьшая продолжительность залегания снежного покрова* приходится на зиму 1959/60 г. (173 дня), в период увеличения продолжительности блокирующих процессов и антициклонической циркуляции на континенте. В 1959 г. снежный покров установился лишь 28 ноября, что на 41 день позже средней даты, при ЭЦМ 11а. До этого был лишь временный снежный покров толщиной 4 см 8–13 ноября при ЭЦМ 12г. В остальное время погода была без осадков с сильным ветром. Аналогичная ситуация отмечалась в 1955/56 (185 дней) и 1958/59 гг. (195 дней). В настоящее время уменьшение продолжительности залегания снежного покрова также связано с ростом повторяемости блокирующих процессов и антициклонической циркуляции. Не случайно один из таких непродолжительных периодов отмечался в суровую зиму 2005/06 г. (181 день). Короткие периоды с устойчивым снежным покровом отмечались также в 1995/96 (176 дней) и в 2003/04 гг. (177 дней). В течение всего периода наблюдений заметна тенденция уменьшения продолжительности залегания снежного покрова.

На ГМС Чокурдах картина во многом обратная. В начале периода наблюдений, в зональную эпоху, в 1944–1953 гг. продолжительность залегания снежного покрова была меньше средней (кроме зим 1946/47 и 1951/52 гг.). Затем по 2001/02 г. она была преимущественно больше средней, исключения составляют 13 зим: пять — в период роста продолжительности блокирующих процес-

сов (1958/59, 1959/60, 1967/68, 1968/69, 1969/70 гг.), четыре — в период увеличения продолжительности зональной циркуляции (1971/72, 1975/76, 1976/77, 1980/81 гг.) и четыре — при росте суммарной продолжительности выходов южных циклонов (1982/83, 1989/90, 1990/91, 1994/95 гг.). В последние годы, с зимы 2002/03 г., продолжительность залегания снежного покрова ниже средней. Максимальная продолжительность (279 дней) относится к 2001/02 г., который завершает период повышенной продолжительности залегания снежного покрова, связанный с максимальной суммарной продолжительностью южных циклонов.

На ГМС Остров Врангеля средняя продолжительность залегания снежного покрова составляет 223 дня (см. табл. 2). В 1934–1957 гг., т.е. во второй половине зональной эпохи, преобладали положительные отклонения продолжительности периода залегания снежного покрова от средней, правда, немногие отрицательные отклонения в это время были весьма существенны (см. рис. 3, в). В этот период, зимой 1948/49 г., отмечалась максимальная за все годы продолжительность залегания снежного покрова (262 дня). На начало этого периода, зиму 1937/38 г., приходится минимальная продолжительность (141 день). Хотя обе зимы относятся к одной циркуляционной эпохе, они существенно различаются по циркуляционным и погодным условиям (табл. 3). Зимой 1948/49 г. продолжительность циклонической циркуляции была на 80 дней меньше и соответственно средняя температура зимы была на 4 °С ниже (см. рис. 5, в). В сентябре и июне в отличие от зимы 1937/38 г. она была отрицательной, поэтому снежный покров установился раньше и держался дольше, несмотря на большее количество осадков зимой 1937/38 г. (см. рис. 6, в). В связи с ростом продолжительности циклонической циркуляции и повышением зимних температур в 1980–90-е годы продолжительность залегания снежного покрова на ГМС Остров Врангеля уменьшается. Рост продолжительности начинается в XXI в. вместе с увеличением суммарной продолжительности блокирующих процессов.

На ГМС Верхоянск средняя продолжительность залегания снежного покрова равна 212 дням (см. табл. 2) и в течение всего периода наблюдений колеблется около средней без ярко выраженных периодов повышения и понижения продолжительности или значительных экстремумов. Некоторое увеличение продолжительности отмечается в конце зональной эпохи, в 1952–1958 гг. (см. рис. 3, г). В 1956/57 г. отмечается максимальная продолжительность — 240 дней. Затем происходит постепенное уменьшение продолжительности залегания снежного покрова, а в XXI в. преобладают отрица-

Таблица 3. Различия зим с максимальной (1948/49 г.) и минимальной (1937/38 г.) продолжительностью залегания снежного покрова на ГМС Остров Врангеля\*

Параметры	Месяц										Сумма
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	
<i>Зима 1948/49 г.</i>											
<i>T</i>	-2,6	-10	-16,8	-24	-24	-24,8	-19,2	-21	-10,8	-0,8	-15,4**
<i>R</i>	9	6	9	13	28	16	26	0	4	11	121
<i>S</i>	8	11	9	3	16	10	23	9	6	6	101
<i>Зима 1937/38 г.</i>											
<i>T</i>	1,1	-5,5	-10,6	-13,1	-21,2	-20,8	-20,9	-15,3	-7,8	0,4	-11,4
<i>R</i>	21	31	49	13	12	5	8	8	7	12	166
<i>S</i>	29	23	21	17	26	3	14	14	10	24	181
<i>Разность</i>											
<i>T</i>	-3,7	-4,5	-6,2	-10,9	-2,8	-4	1,7	-4,7	-3	-1,2	-4,0
<i>R</i>	-12	-25	-40	0	16	11	18	-8	-3	-1	-45
<i>S</i>	-21	-12	-12	-14	-10	7	9	-5	-4	-18	-80

\**T* – среднемесячная температура воздуха, °C; *R* – месячная сумма осадков, мм; *S* – продолжительность циклонической циркуляции, дни.

\*\*Для температуры дано среднее значение.

тельные отклонения. Минимальная продолжительность – 178 дней – приходится на самую тёплую зиму в этом регионе 2007/08 г.

На ГМС Марково средняя продолжительность залегания снежного покрова – 227 дней (см. табл. 2). С 1938/39 по 1976/77 г. отмечаются наибольшие амплитуды колебания продолжительности по годам и все экстремумы (см. рис. 3, д). Максимальная продолжительность – 264 дня – приходится на зиму 1965/66 г. (период повышенной продолжительности блокирующих процессов); минимальная – 186 дней – на 1954/55 г. (конец зональной эпохи). В последней четверти XX в. – начале XXI в. отклонения от средней не выходят за пределы 20 дней, причём преобладают отрицательные отклонения, а с зимы 2004/05 г. продолжительность залегания снежного покрова постоянно уменьшается.

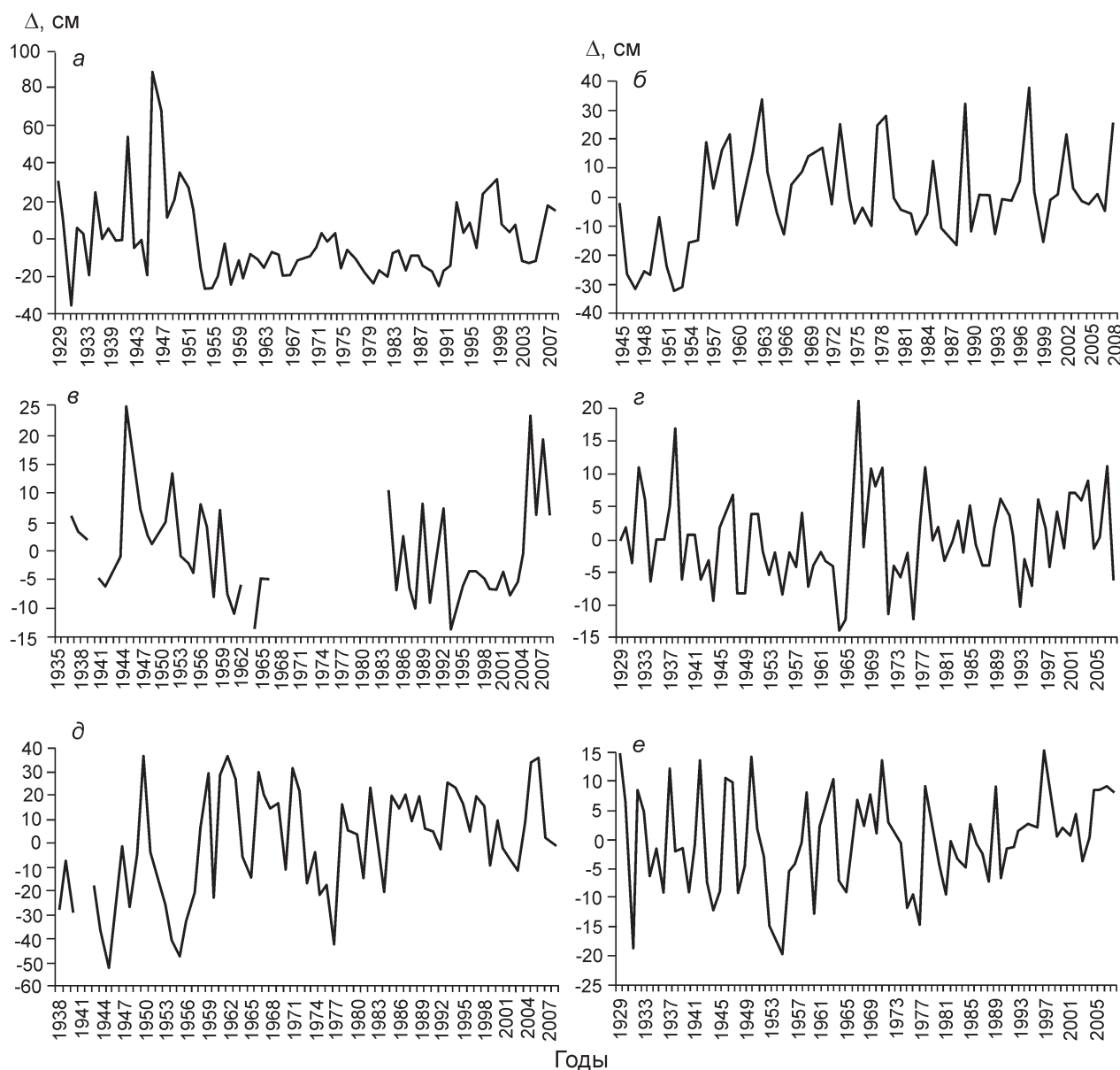
В среднем по территории (см. рис. 3, е) больших положительных экстремумов нет. Максимальное положительное отклонение от средней продолжительности по данным пяти станций приходится на зиму 1960/61 г. (15 дней). Немногим меньше отклонения в 1931/32 (12 дней), 1939/40 (13 дней), 1956/57 (10 дней), 1967/68 (11 дней), 1969/70 (13 дней), 1985/86 (13 дней), 2000/01 гг. (12 дней). Наибольшее отрицательное отклонение приходится на зиму 1937/38 г. (–28 дней), близкие к нему по значениям отклонения отмечались в 1958/59 (–21 день) и в 2002/2003 гг. (–22 дня).

Таким образом, продолжительность залегания снежного покрова на северо-востоке в среднем

максимальна в период увеличения суммарной продолжительности блокирующих процессов и минимальна – в зональную циркуляционную эпоху, в период потепления Арктики.

**Максимальная толщина снежного покрова** колеблется в широких пределах. Так, на ГМС Анадырь она составляет в среднем 34 см, ГМС Чокурдах – 44 см, Остров Врангеля – 17 см, Верхоянск – 25 см, Марково – 80 см (см. табл. 2). На всех станциях она существенно меняется от года к году (рис. 4). Например, на ГМС Анадырь она превышала среднюю с 1928 по 1952 г. (за исключением зим 1933/34 и 1944/45 гг., когда она составляла всего 16 см), т.е. в период зональной циркуляционной эпохи, а также в период максимума меридиональной южной циркуляционной эпохи и современного потепления: с 1993 по 2002 г., в 2007 и 2008 гг. Максимум за весь период отмечался в 1946 г. (122 см, см. табл. 2), на втором месте – 1947 год (101 см). В 1990-е годы экстремумы значительно меньше: 65 см – 1999 г. и 61 см – 1998 г., но и это почти вдвое выше средней. Следовательно, период потепления Арктики (1920–40-е годы) был на северо-востоке значительно более снежным, чем период современного потепления.

В годы с высоким снежным покровом продолжительность осадкообразующих ЭЦМ (циклонической циркуляции) оказывается существенно больше, чем в годы с низким, даже если это – соседние года. Так, зимой 1945/46 г., когда отмечался самый мощный снежный покров, осадкообразующие ЭЦМ имели продолжительность в полтора



**Рис. 4.** Отклонения ежегодной максимальной толщины снежного покрова от средней за период наблюдения  
**Fig. 4.** Deviations the annual maximum snow depth on average during the observation period

раза большую, чем в соседний год с маломощным снежным покровом (табл. 4).

На ГМС Чокурдах максимальная толщина снежного покрова в начале периода наблюдений (весной 1945–1955 гг.) была ниже средней (см. рис. 4, б). Самой низкой (13 см) она была 27–29.04.1952 г., близкой к ней (14 см) – с 25.02 по 24.04.1947 г. и с 30.01 по 02.02.1953 г. В эти зимы на северо-востоке преобладали антициклоны, этим и объясняется длительное сохранение одинаковой толщины снежного покрова. В течение всего последующего периода положительные отклонения по величине были существенно больше отрицатель-

ных. Наибольшая толщина снежного покрова отмечалась 09.05.1997 г. (82 см). В эту зиму на северо-востоке было больше 50% дней с циклонической циркуляцией. Так, только в апреле их было 25. Значительной толщины (отклонение от средней больше 30 см) снежный покров достигал также 07.04.1963 г. (78 см) и 17–18.02.1989 г. (76 см). В 1963 г. при преимущественно антициклонической погоде в январе–марте в районе этой ГМС продолжительность циклонической погоды составила 20 дней. В январе – первой половине февраля 1989 г. также преобладала антициклоническая погода, толщина снежного покрова не превышала

Таблица 4. Разность в продолжительности (дни) осадкообразующих ЭЦМ в зимы 1944/45 и 1945/46 гг. на северо-востоке Сибири

Год	ЭЦМ											Сумма
	1а	1б	4а	8а	8бз	8вз	8зз	9б	11в	11г	12а	
1944/45	0	3	0	3	6	0	9	0	0	0	5	26
1945/46	7	0	1	3	4	0	0	0	16	0	9	40
<i>Разность</i>	7	-3	1	0	-2	0	-9	0	16	0	4	14

42 см. Только при ЭЦМ 13з в течение 16 февраля она увеличилась на 28 см, а 17 февраля — ещё на 6 см и продержалась два дня на уровне 76 см. Наименьший максимум толщины снежного покрова (13 см) отмечался 27–29.04.1952 г. Тогда, при господстве антициклонической циркуляции, толщина снежного покрова была не более 11 см. Только при ЭЦМ 10а (прохождение западных циклонов в высоких широтах) 27 апреля она возросла до 13 см.

На ГМС Остров Врангеля максимальная толщина снежного покрова (42 см) наблюдалась 1–7 ноября 1944 г. Далее она начала быстро уменьшаться и достигла минимального значения (3 см) 22–24.02.1964 г. В 1980-е годы толщина снега была около среднего; с 1990 по 2004 г. ниже среднего, а в последние годы стала всегда выше среднего (см. рис. 4, в). Наименьшая толщина отмечена также зимой 1992/93 г. Зима 1963/64 г. была бесснежной, толщина снежного покрова не превышала 1–2 см. Продолжительность циклонических ЭЦМ в январе 1964 г. составляла шесть дней, в феврале — три. Снежный покров увеличился на 1 см при смене ЭЦМ 12вз на 13з. В 1992 г. снежный покров установился 13 октября и его толщина составляла 1–2 см. Он увеличился на 1 см в результате снегопадов 26–30 октября при ЭЦМ 13з. 9 мая 1993 г. снежный покров ещё увеличился на 1 см при ЭЦМ 9а. Бесснежные зимы на о. Врангеля, как и бесснежные периоды в середине зимы, объясняются не только небольшим количеством осадков в некоторые годы, но и сильными метелями.

На ГМС Верхоянск максимальная толщина снежного покрова испытывает резкие колебания (см. рис. 4, з): с начала наблюдений до 1938 г. растёт; к 1964 г. постепенно понижается до минимума; затем быстро увеличивается и в 1967 г. достигает максимума; потом снова постепенно снижается, а с 1994 по 2007 г. постепенно растёт. Наибольшая толщина снежного покрова (46 см) установилась 13.03.1967 г. и держалась по 12.04.1967 г. (см. табл. 2). Близкое значение отмечалось 5–22.03.1938 г. (42 см). Положительные отклонения от средней (больше 10 см) приходится на апрель 1932 г., март–апрель 1969 г., февраль 1971 и 1978 гг., март 2007 г. Наименьший максимум толщины снежного покрова (11 см) отмечался с

31.12.1963 по 27.01.1964 г. Отрицательные отклонения от средней (–10 см и более) отмечались в марте 1965 г., апреле 1972 и 1976 гг., 2–18 марта 1993 г. Постоянной толщине снежного покрова способствовала длительная антициклоническая циркуляция. В годы с мощным снежным покровом такому состоянию предшествовали снегопады на фронтах циклонов, проходивших через ГМС Верхоянск с запада. В малоснежные зимы антициклоническая погода преобладала весь зимний сезон.

На ГМС Марково в начале периода наблюдений (1938–1949 гг.) преобладают отрицательные отклонения максимальной толщины снежного покрова от средней (см. рис. 4, д). В 1945 г. она была наименьшей за весь период наблюдений (29 см), однако уже в декабре 1949 г. отмечается её максимум (117 см), а в 1955 г. — снова значение, близкое к минимальному (33 см). С 1958 по 1972 г. отклонения максимальной толщины снежного покрова от средней были преимущественно положительными. В 1959, 1961–1963, 1966, 1967, 1971 и 1972 гг. максимальная толщина снежного покрова была не ниже 100 см. В 1962 г. повторяется максимум 1949 г. — 117 см (см. табл. 2). С 1973 по 1977 г. максимальная толщина ниже средней, затем она постепенно растёт и в 1987, 1993, 1994, 2005 и 2006 гг. снова оказывается не менее 100 см, причём в 2006 г. всего на 1 см ниже максимума. Как видим, самые снежные зимы на ГМС Марково приходятся в основном на меридиональную южную циркуляционную эпоху — с 1957 г. по настоящее время, т. е. на период повышенной суммарной продолжительности южных циклонов.

**Время установления максимальной толщины снежного покрова** зависит от характера циркуляции атмосферы. *Средняя дата* на ГМС Анадырь приходится на 3 марта. В 1928/29–1958/59 гг., в зональную эпоху и в начале периода роста продолжительности меридиональных северных процессов, снежный покров достигал максимальной толщины преимущественно в марте–мае. С 1960 г. дата установления максимума сместилась на более ранние сроки — ноябрь–март. В эти годы происходит смещение арктического антициклона на дальневосточный сектор Арктики, особенно в переходные сезоны [5]. Увеличение числа

дней с безоблачной антициклонической погодой весной приводит к появлению положительных максимальных температур уже в марте [7]. Испарение с поверхности снега и подтаивание приводят к снижению толщины снежного покрова в весенние месяцы. Новое смещение дат установления максимальной толщины снежного покрова на март–май происходит в конце 1980-х – 1990-е годы. Это – период наибольшей продолжительности южных циклонов в Северном полушарии, а также в дальневосточном и тихоокеанском секторах, так как основные места зарождения южных циклонов – Средиземноморье и западная часть Тихого океана. С южными циклонами, как уже отмечалось, связаны обильные снегопады в течение всего холодного периода.

Самые *ранние даты установления максимальной толщины снежного покрова* – 05.11.1967 г. и 10.11.1963 г. – относятся к периоду роста продолжительности блокирующих процессов (1957–1969 гг.). В зимнее время блокирующие процессы полностью или частично захватывают северо-восток Сибири при 16 ЭЦМ: всех пятых, 8бз, 8вз, 8гз, 9б, всех одиннадцатых, 12а, 12бз, 12вз и 12г. Увеличение их продолжительности означает преобладание морозной погоды без осадков практически в течение всей зимы. Самые *поздние даты установления максимальной толщины снежного покрова* – 16.05.1999 г. и 15.05.1994 г. – относятся ко времени наибольшей повторяемости южных циклонов за весь период наблюдения. На этот же период приходится ещё несколько поздних дат: 04.05.1996 и 1997 гг. и 01.05.1987 г. Установление максимальной толщины снежного покрова в мае отмечалось также: в период максимума зональной эпохи (06.05.1937 г., 05.05.1943 г., 12.05.1944 г.); в конце зональной эпохи (13.05.1950 г.); начале периода увеличения продолжительности блокирующих процессов (07.05.1958 г. и 14.05.1960 г.).

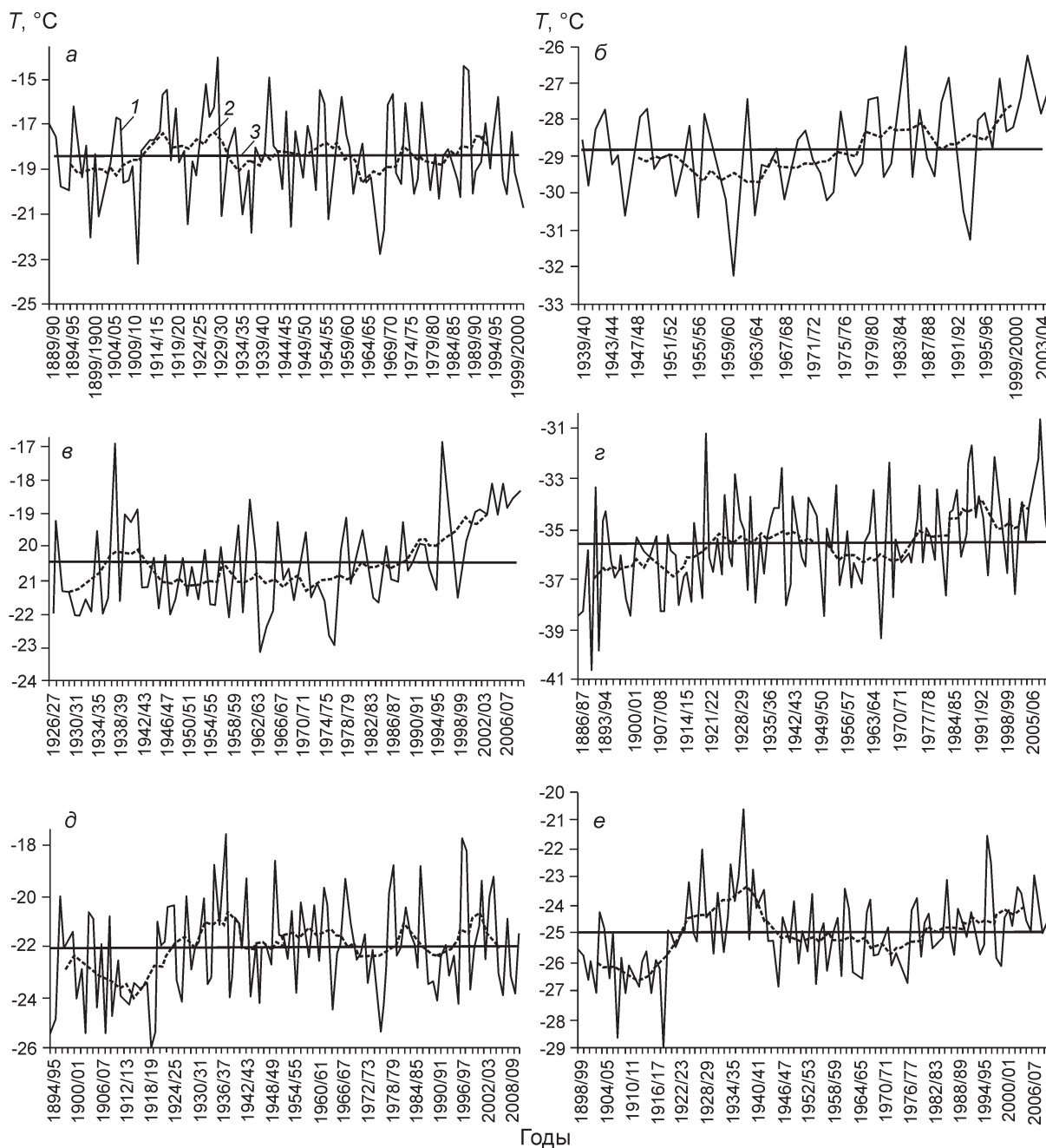
На ГМС Чокурдах в 1944–1959 гг. ранние даты установления максимальной толщины снежного покрова отмечались в феврале–марте, а в 1957 г. – 7 декабря. С 1958 по 1967 г. максимальная толщина снежного покрова устанавливалась в апреле–мае. С 1968 по 1975 г. разброс дат увеличивается с января по май. С 1976 по 2008 г. сроки смещаются на апрель–май, редко март. Самая ранняя дата установления максимальной толщины снежного покрова – 07.12.1957 г., та же толщина (60 см) отмечалась и 21–31 декабря этого года. Другая ранняя дата падает на 01–05.01.1968 г. Как и на ГМС Анадырь, обе даты относятся к началу периода роста продолжительности блокирующих процессов над Северным полушарием в целом и на северо-востоке Сибири в частности. Самая поздняя дата установ-

ления максимальной толщины снежного покрова – 17.05.1986 г., близкие даты – 16.05.1982 и 1992 гг. Все они приходятся на период роста суммарной продолжительности южных циклонов.

На ГМС Остров Врангеля максимальная толщина снежного покрова для большинства периодов первой половины наблюдений (1934–1965 гг.) устанавливается вскоре после появления снежного покрова, т.е. в октябре–ноябре. Самая ранняя дата приходится на 26.09.1960 г. (снежный покров установился 8 сентября); близкие даты – 09.10.1938 г., 23.10.1957 г., 28.10.1953 г. В 1983–2008 гг. (после 18-летнего перерыва) сентябрьских дат уже не встречается. В основном снежный покров достигает максимальной толщины в апреле–мае, но иногда это происходит и в начале зимнего сезона. Самая ранняя дата этого периода – 28.10.1992 г.; другие ранние даты относятся к ноябрю: 13 – 1999 г., 16 – 1989 и 1993 гг., 18 – 1998 г., 20 – 1990 г. Поздние даты для первого периода наблюдений относятся к апрелю: самая поздняя дата – 10.05.1957 г., предыдущая – 25.04.1948 г., немного раньше – 14.04.1949 г. Это – конец зональной циркуляционной эпохи в Северном полушарии в целом и повышенной повторяемости западных циклонов на северо-востоке. В 1983–2008 гг. поздние даты смещаются на май: самая поздняя дата – 29.05.1986 г., предыдущая – 26.05.1984 г., следующая – 12.05.1996 г. Все они наступают позже самой поздней даты первого периода. Смещение ранних дат на более поздние сроки приводит к смещению на более поздние сроки времени формирования максимальной толщины снежного покрова в последние десятилетия.

Наблюдения за температурой и осадками на ГМС Остров Врангеля ведутся практически без перерыва. Если вопросов к среднемесячным температурам нет (рис. 5, в), то данные по месячным суммам осадков выглядят странно. Так, до 1960-х годов суммы осадков холодного полугодия с большими колебаниями от года к году в основном превышают среднюю многолетнюю величину, а с 1960-х годов по 2008 г. оказываются меньше средней и мало меняются от года к году (рис. 6, в). Переноса станции с 1934 г. не было (см. табл. 1).

На ГМС Верхоянск максимальная толщина снежного покрова формируется преимущественно в марте. В условиях резко континентального климата при наибольшей стабильности циркуляции атмосферы, обеспечиваемой близостью к сибирскому антициклону, время формирования максимальной толщины снежного покрова практически не меняется по циркуляционным эпохам, существенно различаясь от года к году. Ранние даты в течение всего периода относятся преимущественно



**Рис. 5.** Средняя температура воздуха за холодный период

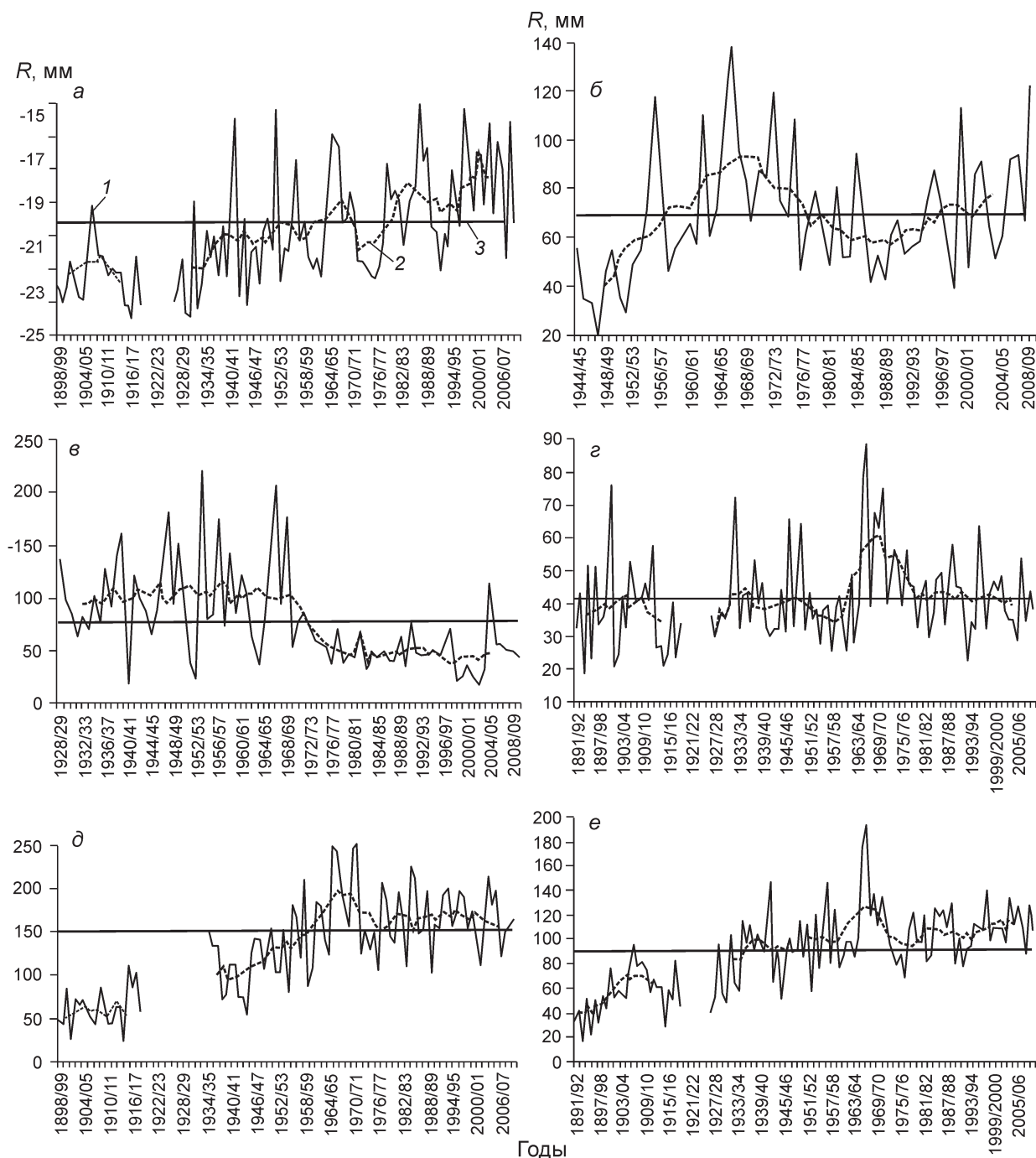
1 – среднегодовые значения; 2 – средняя за период наблюдений; 3 – 10-летние скользящие средние

**Fig. 5.** The average air temperature for the cold season

1 – the annual data; 2 – average for observation period; 3 – 10-year average smoothed

к февралю. Самая ранняя дата – 31.12.1964 г., следующая – 31.01.1973 г., чуть позднее – 02.02.1971 г., затем идут февральские даты: 10 – 1945 г., 11 – 1982 г., 13 – 1956 г., 16 – 2004 г. и 17 – 1969 г. Поздние даты в течение всего периода относятся к апрелю. Самая поздняя дата – 26.04.1961 г., предыдущая – 19.04.1989 г., затем 14 – 2001 г., 11 – 1936 г., 08 – 1972 г., 05 – 1976 и 1979 гг.,

На ГМС Марково самая ранняя дата формирования максимальной толщины снежного покрова – 30.12.1949 г., затем идут январские даты: 5 – 1974 г., 14 – 1984 г., 20 – 1973 г., 31 – 1952 г. Самая поздняя дата – 01.05.1987 г., следующие – 30.04.1969, 1976, 1981 и 1999 гг., затем 28.04.1988, 27.04.1938, 1946, 1958 и 2004 гг. Как видим, экстремально ранние даты не встречаются раньше 1949 и позднее 1984 г., т.е.



**Рис. 6.** Сумма осадков за холодный период:

1 – среднегодовые значения; 2 – средняя за период наблюдений; 3 – 10-летние скользящие средние

**Fig. 6.** The amount of precipitation during the cold period:

1 – the annual data; 2 – average for observation period; 3 – 10-year average smoothed

относятся к концу зональной и началу меридиональной южной циркуляционной эпохи, в то время как поздние экстремумы разбросаны по всему ряду, включая первый и последний годы.

**Продолжительность сохранения максимальной толщины снежного покрова** меняется с изменением

характера циркуляции атмосферы. На ГМС Анадырь это в среднем три дня, причём в 39 зимах из 90 максимальная толщина держалась один день, в 14 зимах – два дня. Однако в 1931 г. максимальная толщина снежного покрова, составлявшая 40 см, держалась с 19 по 31 декабря (к сожалению, на

начало 1932 г. нет данных), а в 1934 г. толщина 16 см держалась с 15 апреля по 12 мая. В 1969 г. толщина снега 23 см сохранялась с 11 по 29 марта, в 1989 г. толщина 18 см сохранялась с 23 по 30 марта, а в 2006 г. толщина 33 см сохранялась с 17 по 25 апреля. На ГМС Чокурдах максимальная толщина снежного покрова держится в среднем шесть дней подряд, при этом в 31 случае из 89 (в некоторые зимы одна и та же толщина снега повторяется дважды) максимальная толщина сохранялась всего один день. Вместе с тем в 1947 г. максимальная толщина 14 см держалась с 25 февраля по 24 апреля (59 дней), в 1999 г. – 35 дней, в 2006 г. – 32 дня, в 1974 г. – 30 дней, в 2005 г. – 28 дней.

На ГМС Остров Врангеля в 1934–1966 гг. максимальная толщина снежного покрова держалась в среднем три дня, при этом в 18 случаях из 36 она сохранялась всего один день. Дольше одного дня она сохранялась в период с 1944 по 1951 г. Максимум продолжительности (14 дней) отмечен 14–27.03.1949 г. В 1984–2008 гг. из 31 случая в 23 максимальная толщина снежного покрова сохранялась один день.

На ГМС Верхоянск средняя продолжительность сохранения максимальной толщины снежного покрова – 12 дней, при этом всего в 14 случаях из 98 максимальная толщина сохранялась только один день. С 1986 по 2008 г. таких случаев не отмечено совсем. Наибольшее число зим с сохранением максимальной толщины дольше средней приходится на 1964–1975 гг. (девять из 12), минимальное – на 1976–1990 гг. (три из 15). Наибольшая продолжительность сохранения максимальной толщины снежного покрова (53 дня) отмечалась зимой 1933/34 г. В зимы 1941/42, 1972/73 и 1982/83 гг. она составляла соответственно 38, 41 и 45 дней.

На ГМС Марково средняя продолжительность сохранения максимальной толщины снежного покрова – всего 1,7 дня. Из 75 случаев в 56 она равнялась одному дню. На этой станции отмечается наименьшее число зим (всего пять) с повтором одинаковых значений максимальной толщины снежного покрова в разные периоды. Наибольший период сохранения максимальной толщины (15 дней) отмечался в период 17–31.01.1984 г.; она в эти дни составляла 61 см. С 26.01 по 06.02.1973 г. максимальная толщина (64 см) держалась 10 дней. В остальные годы время сохранения максимальной толщины не превышало пяти дней.

Анализ циркуляции атмосферы в периоды формирования и сохранения максимальной толщины снежного покрова показал, что за день–два до установления максимальной толщины над рассматриваемым регионом отмечался ЭЦМ с циклонической циркуляцией и обильными снегопада-

ми. В зональную циркуляционную эпоху это был ЭЦМ с широтными траекториями циклонов над северо-востоком, в меридиональную южную – ЭЦМ с выходом тихоокеанских циклонов. Затем следовали ЭЦМ с блокирующими процессами и антициклонической циркуляцией. От их непрерывной продолжительности зависело время сохранения максимальной толщины снежного покрова. На ГМС Анадырь, Чокурдах, Остров Врангеля и Верхоянск дольше всего максимальная толщина сохранялась в 1934–1949 гг., т.е. в зональную циркуляционную эпоху, а на ГМС Марково – в 1984 г., в период быстрого роста продолжительности южных циклонов.

### Заключение

Генезис и многолетние колебания различных характеристик снежного покрова тесно связаны с макропроцессами, определяющими режим осадков и температуры воздуха на изучаемой территории. Выбранные пять станций характеризуют пять различных физико-географических районов, а выявленные для них закономерности и различия характеризуют и особенности районов. Современные тенденции изменения характеристик снежного покрова определяются изменением продолжительности макропроцессов, формирующих эти характеристики. На северо-востоке в последние годы отмечаются: 1) резкие колебания дат установления снежного покрова от года к году, преобладают поздние даты; 2) более ранние даты схода снежного покрова, за исключением ГМС Остров Врангеля; 3) преобладание отрицательных отклонений продолжительности залегания снежного покрова от среднемноголетней; 4) превышение максимальной толщины снежного покрова на всех станциях, кроме ГМС Анадырь, по сравнению со среднемноголетней; 5) более позднее установление максимальной толщины снежного покрова – в апреле–мае; 6) сохранение максимальной толщины снежного покрова в основном один–два дня; с 1998 г. только на ГМС Чокурдах и Верхоянск для большинства периодов продолжительность сохранения максимальной толщины снега превышает среднюю.

Анализ суточных характеристик снежного покрова показывает, что, несмотря на увеличение количества осадков холодного периода, в последнее десятилетие продолжительность залегания снежного покрова уменьшается. Вместе с тем отмечается тенденция некоторого увеличения максимальной толщины снежного покрова, продолжительности её сохранения, а также смещение сроков её формирования на более поздние по сравнению со средними. Это свидетельствует об

увеличении доли твёрдых осадков и снегозапасов к концу зимы, чему способствует и рост продолжительности блокирующих процессов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 11-05-00573.

### Литература

1. Вильфанд Р.М., Садоков В.П., Тищенко В.А. О связи границы снежного покрова с интенсивностью циклонической деятельности в Северном полушарии // Метеорология и гидрология. 2002. № 9. С. 32–39.
2. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии // Материалы метеорол. исследований. М.: изд. Междувед. геофиз. комитета при Президиуме АН СССР, 1968. 240 с.
3. Дзердзеевский Б.Л. Сопоставление характеристик атмосферной циркуляции над северным полушарием и его секторами // Материалы метеорол. исследований. М.: изд. Междувед. геофиз. комитета при Президиуме АН СССР, 1970. С. 7–14.
4. Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов // Тр. науч.-исслед. учреждений ГУГМС при Совете Министров СССР. Сер. 2: Синоптическая метеорология. Вып. 21. М.-Л.: Гидрометеиздат, 1946. 80 с.
5. Кононова Н.К. О смещении направлений арктических вторжений в Восточной Сибири // Изв. Всес. геогр. об-ва. 1962. Т. 94. Вып. 3. С. 255–257.
6. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Отв. ред. А.Б. Шмакин. М.: Воентехиздат, 2009. 372 с.
7. Кононова Н.К. Изменение осадков холодного периода и продолжительности макроциркуляционных процессов, обуславливающих их выпадение в различных регионах Восточной Сибири // Лёд и снег. 2010. № 3 (111). С. 47–57.
8. Коняев К.В., Золотокрылин А.Н. Взаимное влияние крупномасштабной циркуляции атмосферы и аномалий площади снежного покрова в Северном полушарии // ДАН. 1999. Т. 366. № 2. С. 253–257.
9. Кренке А.Н., Китаев Л.М. Влияние Эль-Ниньо на снежный покров Северной Евразии // Изв. РАН. Сер. геогр. 1999. № 1. С. 49–54.
10. Кренке А.Н., Китаев Л.М., Разуваев В.Н., Мартуганов Р.А. Взаимосвязь снежного покрова на территории бывшего СССР с Эль-Ниньо и индийским муссоном // МГИ. 2001. Вып. 91. С. 27–33.
11. Кренке А.Н., Китаев Л.М., Турков Д.В. Климатическая роль изменений снежного покрова в период потепления // Изв. РАН. Сер. геогр. 2001. № 4. С. 44–51.
12. Попова В.В. Структура многолетних колебаний высоты снежного покрова в Северной Евразии // Метеорология и гидрология. 2004. № 8. С. 78–88.
13. Попова В.В., Кренке А.Н. Связь многолетних колебаний толщины снежного покрова в Северной Евразии с крупномасштабной атмосферной циркуляцией // МГИ. 2004. Вып. 96. С. 25–33.
14. Туткова Т.Б., Кононова Н.К. Связь аномалий накопления снега и общей циркуляции атмосферы // Изв. РАН. Сер. геогр. 2006. № 1. С. 35–46.

Использованные в статье электронные ресурсы:

База климатических данных Ин-та глобального климата и экологии. Режим доступа: <http://www.climatechange.ru>  
ВНИИГМИ-МЦД. Специализированные массивы для климатических исследований. Режим доступа: [meteo.ru/climate/sp\\_clim.php](http://meteo.ru/climate/sp_clim.php)

Кононова Н.К. Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI века. Режим доступа: [www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru)

### Summary

Based on daily data of the five meteorological stations located in different parts of northeastern Siberia (Anadyr, Chokurdakh, Wrangell Island, Verkhoyansk, Markovo) the change of dates of formation, occurrence and maximum snow depth from year to year for the entire period of observation to 2008 is analyzed. The results are compared with long-term changes of the atmospheric circulation in the Northern Hemisphere and in a particular region (according to classification by B.L. Dzerdzeevskii, V.M. Kurganskaya and Z.M. Vitvitskaya). The differences in the fluctuations of selected indicators in circulation epochs are considered. The types of circulation, contribute to early or late formation of snow cover, as well as early or late it outright are identified. Macro-circulation processes which correspond with snowy or little snowy winters are defined. Time changing of maximum snow depth formation is considered. The change in frequency of extreme values of considered characteristics per circulation epochs and their relationship with macro-circulation processes, including possible trends, are analyzed. During recent years, in the Northeastern Siberia with sharp inter-annual fluctuations of atmosphere processes the later dates of setting and earlier dates of disappearance of snow cover dominate, which reduces the duration of snow cover, in comparison with long-term average. Maximum snow depth in all stations, except Anadyr, are above the average long-term value. There is a trend of increase the maximum snow depth, its duration, as well as its later formation, compare with the average, which indicates the increase in proportion of solid precipitation at the end of winter. These are facilitated by increasing of blocking atmospheric processes duration.