

Режим снежного покрова Предбайкалья в изменяющемся климате

© 2017 г. Е.В. Максютова

Институт географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия
emaksyutova@irigs.irk.ru**Regime of snow cover in the Baikal region under the climate change**

E.V. Maksyutova

Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia
emaksyutova@irigs.irk.ru

Received March 21, 2016

Accepted November 11, 2016

Keywords: *coefficient of linear trend, setting-up and loss of snow cover, stable snow cover, the number of days with snow cover.***Summary**

Spatial and temporal variability of dates of snow cover setting-up and loss (dates of the snow cover appearance and disappearance, and formation and destruction of stable snow cover) and duration of stable snow occurrence on a territory of the Baikal region were analyzed from data of observations made at meteorological stations in 1981–2010. Compared to the previous long-term period prior to 1980, mean monthly air temperatures rose in every month during the cold season. Significant changes in dates of the snow cover setting-up were observed only at individual stations, while the duration of the snow occurrence does not show such changes. Typical period of fluctuations for the last characteristic is the quasi-biennial, and more rare it is 3–4 years.

In relation to the previous multi-year period, the largest variability of dates of the snow-cover setting-up as well as increase of number of dates and so duration of its occurrence (up to 19 days) take place on the South-Western coast of Lake Baikal (Bolshoe Goloustnoe). In plain and mountain regions of the Baikal region, variability of these dates does not exceed 10–15 days. Compared to the earlier period (before 1980), it was noticed that the snow appear earlier and disappear later (with the difference of about five days). In most cases, deviation of earlier dates of formation and destruction of stable snow cover is within 10 days. During 1981–2010, a number of days with snow cover increased in river valleys of the taiga belt in the Eastern Sayan (GMR Verchnyaya Gutara) by 11 days, while in the mountain Khमार-Daban (GMS Khमार-Daban) – by 15 days.

Citation: Maksyutova E.V. Regime of snow cover in the Baikal region under the climate change. *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2017. 57 (2): 221–230. [In Russian]. doi:10.15356/2076-6734-2017-2-221-230.

Поступила 21 марта 2016 г.

Принята к печати 11 ноября 2016 г.

Ключевые слова: *коэффициент линейного тренда, установление и сход снежного покрова, устойчивый снежный покров, число дней со снежным покровом.*

Выполнен анализ изменчивости дат и продолжительности залегания устойчивого снежного покрова на территории Предбайкалья по данным наблюдений гидрометеорологических станций за 1981–2010 гг. Наибольшая изменчивость дат образования устойчивого снежного покрова (до 19 дней), а также увеличение продолжительности залегания устойчивого снежного покрова по отношению к предыдущим многолетним периодам характерны для юго-западного побережья Байкала.

Введение

Снежный покров изменяет тепловой баланс подстилающей поверхности, поэтому сроки его установления и разрушения, а также продолжительность залегания — важнейшие характеристики состояния окружающей среды при современном климате. Региональные изменения климата имеют ряд особенностей, связанных с местными условиями. Современные изменения климата выражаются, прежде всего, в повышении приповерхностной температуры воздуха. Период

после 1976 г. характеризуется наиболее интенсивным потеплением во временных рядах среднегодовых аномалий температуры приземного воздуха, осреднённых для территории России и в глобальном масштабе [1]. За последние 30 лет (1981–2010 гг.) в Восточной Сибири повышаются зимние температуры воздуха и сокращаются периоды с низкими температурами. В южной части Восточной Сибири отмечается наиболее ощутимый рост зимних температур, особенно в котловинных формах рельефа [2]. В ряде работ показано, что в Сибири межгодовые колебания

приземной температуры воздуха определяются главным образом зимними показателями [3, 4].

По оценкам сценарных прогнозов климатических моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО), к середине XXI в. на большей части Европейской территории России следует ожидать незначительного накопления массы снега. В Западной и Восточной Сибири накапливаемая масса снега зимой будет расти, что приведёт к её интенсивному таянию весной [5]. В ряде работ показано, что характеристики снежного покрова испытывают большие пространственные и временные колебания, связанные с изменчивостью температурного и циркуляционного режимов [6–9 и др.].

В ряде публикаций рассматриваются сроки образования и разрушения снежного покрова, по которым и определяется продолжительность его залегания. Отмечаются региональные различия и зависимость от анализируемого периода [10, 11, и др.]. Пространственные характеристики продолжительности залегания снежного покрова для территории СССР по данным до 1891–1960/1965 гг. рассмотрены в работе [12]. Даты образования и разрушения устойчивого снежного покрова в Евразии, согласно данным М.И. Геткера и Г.Н. Кравченко, приведены в Атласе [13]. Современное состояние снежного покрова и оценка изменения его характеристик за 1966–2010 гг. даны в работе [14], при этом значимых тенденций региональных характеристик продолжительности залегания снежного покрова не обнаружено.

Постановка проблемы

Территория исследования, которую по исторически сложившейся традиции называют Предбайкальем, относится к южной части Восточной Сибири. Её границы не связаны с какими-либо природными рубежами, она расположена к западу от Байкала, а в административном делении ей соответствует Иркутская область [15]. Как отмечает Н.К. Кононова, в Сибирском секторе Северного полушария (60–120° в.д.) с начала 1980-х годов началась зональная эпоха атмосферной циркуляции воздуха, в которой существенную роль играют выходы южных циклонов [16]. Для данной территории в XX в. продолжитель-

ность элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ), приносящих значительные твёрдые осадки, сократилась, при этом интенсивность их возросла, а продолжительность ЭЦМ, несущих небольшие осадки, увеличилась. Это привело к росту общих запасов снега [8].

В связи с продолжающимися климатическими изменениями встают вопросы о режиме залегания снежного покрова и продолжительности устойчивого снежного покрова на территории Предбайкалья за период с начала 1980-х годов, характеризующийся продолжающимся потеплением и преобладающей зональностью атмосферной циркуляции в Сибирском секторе Северного полушария. Задача нашего исследования – проанализировать пространственно-временную изменчивость и изменения дат залегания и продолжительности устойчивого снежного покрова на территории Предбайкалья по данным наблюдений на гидрометеорологических станциях (ГМС) за период последних десятилетий с 1981 по 2010 г.

Исходные данные и методы исследований

Для характеристики залегания снежного покрова используются данные наблюдений на ГМС. Число дней со снежным покровом и даты его появления и схода служат наиболее общими характеристиками режима залегания снега. День со снежным покровом отмечается, когда более половины видимой окрестности ГМС покрыто снегом, причём независимо от того, устойчивое это залегание или нет. Даты появления и схода фиксируются на ГМС также, когда более половины видимой окрестности станции покрыто снегом. В отдельные годы даты появления снежного покрова на близко расположенных ГМС могут значительно различаться, поскольку при выпадении снега на соседних станциях на одной из них снежный покров образуется, а на другой – сразу же тает.

Устойчивый снежный покров, который сохраняется в течение всей зимы или имеет перемены не более трёх дней подряд в течение месяца, образуется через 10–15 дней после первых снегопадов на севере и через 20–30 дней на юге территории [15]. Дополнить и расширить точечную информацию сети ГМС о пространствен-

Таблица 1. Температура воздуха в холодный период и за год на двух станциях Предбайкалья

Гидрометеостанции	Месяцы							
	X	XI	XII	I	II	III	IV	Год
<i>Средняя температура воздуха за период 1981–2010 гг., °C</i>								
Киренск	–2,1	–15,5	–24,5	–26,7	–22,3	–12,7	–1,4	–3,5
Иркутск	1,8	–7,9	–15,3	–17,8	–14,4	–6,4	2,5	0,9
<i>Разности между средними многолетними значениями температуры воздуха за периоды 1981–2010 и 1891–1980 гг., °C</i>								
Киренск	0,3	0,4	1,3	0,8	1,5	1,1	0,8	0,6
Иркутск	1,3	2,8	3,1	2,8	3,7	3	1,5	1,8

ном распределении снега можно с использованием материалов космической съёмки MODIS «snow cover», на которых с достоверностью 80% фиксируется снежный покров при толщине снега более 2 см [17]. В качестве информационной основы использованы материалы многолетних наблюдений на 24 ГМС Иркутского территориального управления Росгидромета за период с 1981 по 2010 г. [18]. При анализе рассмотрены средние даты появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова, а также число дней со снежным покровом. Продолжительность устойчивого снежного покрова вычислялась по датам его образования и разрушения.

При анализе пространственно-временной изменчивости дат залегания снежного покрова использовалась величина стандартного отклонения σ , характеризующая меру рассеяния относительно среднего значения. Изменения данного параметра рассматривались внутри периода 1981–2010 гг. с помощью линейной регрессии (тренда) и как отклонения по отношению к периодам 1891–1980 гг. [14] и 1891–1960 гг. [19]. Коэффициент регрессии b характеризует скорость изменения исследуемой величины. Достоверность аппроксимации тренда R^2 отражает вклад тренда в дисперсию исходного процесса. Для оценки статистической значимости тренда использовался 5%-й уровень, при котором отвергается гипотеза об отсутствии тренда.

Географическое положение территории Предбайкалья в центре Азии, особенности макрорельефа, водные массы оз. Байкал определяют контрастность природных условий. В орографическом отношении территория области резко делится на две части. Равнинная территория занимает большую часть и лежит в пределах юго-восточной части Среднесибир-

ского плоскогорья. Горы Восточного Саяна и Прибайкалья занимают меньшую часть. ГМС равнинной территории юго-восточной части Среднесибирского плоскогорья (Ербогаченская равнина, Лено-Ангарское плато, Иркутско-Черемховская равнина) расположены на высотах 200–500 м. Горная область Восточного Саяна характеризуется наблюдениями ГМС Верхняя Гутара и Инга, которые расположены в долинах рек таёжного пояса со среднегорным рельефом, и ГМС Хамар-Дабан, находящейся в горно-таёжном поясе на высоте 1442 м. Наблюдения на ГМС Бодайбо и Перевоз характеризуют условия долин рек Патомского нагорья, на ГМС Большое Голоустное – условия юго-западного побережья оз. Байкал.

Результаты исследования

Рассмотрим режим залегания снежного покрова за период 1981–2010 гг. Повышение средней месячной температуры воздуха во все месяцы холодного времени года за 1981–2010 гг. по сравнению с 1891–1980 гг. (табл. 1), которое с декабря по февраль достигало 2,8–3,7 °C на юге равнинной территории (ГМС Иркутск), свидетельствует о частой смене воздушных масс и сокращении периода интенсивного выхолаживания подстилающей поверхности. Вместе с тем при изменении климата в Предбайкалье температура воздуха в холодное время года в последние десятилетия 1981–2010 гг. сохраняет свои отрицательные значения, что способствует выпадению осадков в виде снега. Появление снежного покрова связано с вторжением холодных воздушных масс с запада и северо-запада и зависит от местных физико-географических условий. Наветренные склоны, орографическая

Таблица 2. Средние даты режима залегания снежного покрова в Предбайкалье за 1981–2010 гг.

Физико-географические части территории	Число дней	Подекадные даты			
		устойчивый снежный покров			сход снега
		появление	образование	разрушение	
Юго-восточная часть Среднесибирского плоскогорья	150–220	21.IX–11.X	1.X–1.XI	21.III–1.V	21.IV–11.V
Долины рек таёжного пояса Восточного Саяна	180–190	11.IX–1.X	21.X	1.IV–11.IV	1.V–21.V
Патомское нагорье	180	21.IX–1.X	11.X–21.X	1.IV–11.IV	21.IV–1.V
Хребет Хамар-Дабан	245	1.IX	1.X	21.V	1.VI
Юго-западное побережье Байкала	130	11.X	21.XI	11.III	21.IV

защищённость от выдувания ветром, наличие лесной растительности — всё это способствует сохранению снега.

В начале сентября снег появляется на вершинах горных хребтов. Ко второй декаде сентября — началу октября снег появляется в долинах рек таёжного пояса Восточного Саяна, затем, с третьей декады сентября и начала октября — на Патомском нагорье. На равнинной юго-восточной части Среднесибирского плоскогорья это происходит в третьей декаде сентября на севере (Ербогаченская равнина) и в первой — второй декадах октября на юге (Иркутско-Черемховская равнина). На юго-западном побережье Байкала снег выпадает в середине октября (табл. 2).

Метеорологические условия каждого года могут существенно различаться и влиять на появление снега. Изменчивость дат появления снега на всей территории составляет 8–13 дней. Устойчивый снежный покров с начала октября образуется на горных хребтах и только к концу ноября — на юго-западном побережье оз. Байкал. На большей части территории устойчивый снежный покров формируется примерно через месяц после появления первого снега (см. табл. 2). Исключение составляют: север территории (до 56° с.ш., ГМС Ербогачен, Наканно, Непа, Киренск, Казачинское) и отдельные участки Лено-Ангарского плато (ГМС Жигалово, Орлинга), где на открытых равнинных пространствах устойчивый снег появляется в среднем через 7–15 дней, а в открытой долине р. Витим (ГМС Бодайбо) — через 12 дней. В долинах рек таёжного пояса Восточного Саяна (ГМС Верхняя Гутара), где снежный покров незначителен и подвержен ветрам, и на юго-западном побережье Байкала (ГМС Большое Голоустное) под влиянием тепляющего воздействия водных масс эта разность достигает 1,5 месяца.

Изменчивость дат образования устойчивого снежного покрова на большей части рассматриваемой территории лежит в пределах 7–13 дней, а на юго-западном побережье Байкала увеличивается до 19 дней (ГМС Большое Голоустное). Тепляющее влияние Байкала в холодный период на узкую прибрежную полосу проявляется в поздних сроках образования снежного покрова и большой межгодовой изменчивости режима залегания снега. Сроки образования устойчивого снежного покрова из года в год сильно колеблются. Антициклональный режим погоды определяет незначительные осадки в течение зимнего периода. Толщина снежного покрова на равнинной территории к концу зимы достигает 50–60 см на севере и 20–30 см на юге территории. На наветренных горных склонах отмечается повышенное снегонакопление (ГМС Хамар-Дабан — 127 см). Меньше всего снега накапливается в крупных понижениях рельефа во внутренних частях горных поднятий и на побережье оз. Байкал (ГМС Большое Голоустное — 8 см).

Наибольшая толщина снега отмечается на равнинной территории в конце февраля — начале марта, а в горах — в конце марта — начале апреля [20]. В это время происходит перестройка физических условий климатообразующих процессов и явлений от зимних к весенним. В распределении барического поля начинают преобладать зональные формы циркуляции атмосферы. Циклонические вторжения с запада резко снижают число дней с низкими температурами воздуха. Количество солнечной радиации, поступающей на земную поверхность, быстро увеличивается, что изменяет состояние подстилающей поверхности. Раньше всего (вторая декада марта) устойчивый снежный покров разрушается на побережье оз. Бай-

кал (ГМС Большое Голоустное); к концу марта — началу апреля — на территории Иркутско-Черемховской равнины. На большей части территории устойчивый снежный покров разрушается в апреле, на многоснежной Ербогаченской равнине — в начале мая, а в горах Восточного Саяна — в конце мая. Изменчивость дат разрушения в основном составляет 7–9 дней, в долинах рек таёжного пояса Восточного Саяна (ГМС Верхняя Гутара) и на юго-западном побережье Байкала увеличивается до 11–12 дней. Отклонения от средних дат образования и разрушения устойчивого снежного покрова могут составлять от 15 до 30 дней как в сторону более раннего, так и в сторону более позднего образования. В особых физико-географических условиях побережья оз. Байкал в отдельные годы снежный покров может устанавливаться на 1,5 месяца раньше или позже средней даты.

На большей части исследуемой территории снежный покров сходит в основном в конце апреля — начале мая, на севере — в середине мая (см. табл. 2). В долинах рек таёжного пояса Восточного Саяна снежный покров сходит в течение мая. Горные хребты Хамар-Дабана полностью освобождаются от снега только в начале июня. При резких межгодовых колебаниях изменчивость дат схода в целом по территории составляет 7–15 дней. Во время весеннего таяния разность между средними датами разрушения устойчивого снежного покрова и его схода составляет в среднем 3–10 дней на севере территории (Ербогаченская равнина, ГМС Киренск, Казачинское) и 0,5 месяца на Хамар-Дабане и в открытой долине р. Витим (ГМС Бодайбо). На большей части территории эта разность достигает одного месяца, а на побережье оз. Байкал и в долинах рек таёжного пояса Восточного Саяна — 1,5 месяца. Раннее разрушение снежного покрова происходит в малоснежные зимы, при этом даты разрушения устойчивого снежного покрова и его схода почти совпадают.

Число дней со снежным покровом, когда более половины видимой окрестности ГМС покрыто снегом независимо от того, было залегание устойчивым или нет, уменьшается с севера на юг и одновременно от верхних частей хребтов к днищам котловин. Оно составляет 200–215 дней на севере и уменьшается до 150 дней в южных степных участках территории. Для

горного района хр. Хамар-Дабан число дней со снежным покровом приближается к 250; в долинах рек таёжного пояса Восточного Саяна — 180 дней. Минимальное число дней со снежным покровом характерно для побережья оз. Байкал (ГМС Большое Голоустное — 130). Изменчивость этой характеристики составляет в основном 9–12 дней, увеличиваясь на юго-западном побережье Байкала до 15.

Мы сравнили даты режима залегания снежного покрова за период 1981–2010 гг. с предыдущим многолетним периодом 1891–1980 гг. [21]. Отклонения дат показали, что за период последних десятилетий на большей части территории Предбайкалья отмечаются более раннее появление и более поздний сход снежного покрова. В большинстве случаев эти изменения происходят в пределах пяти дней (табл. 3). Даты образования устойчивого снежного покрова отклоняются к более ранним срокам, в большинстве случаев — в пределах трёх дней. Исключение составляет ГМС Большое Голоустное, где устойчивый снежный покров стал формироваться раньше на семь дней. В датах разрушения устойчивого снежного покрова в большинстве случаев отклонения также отмечаются к более ранним срокам. Наибольшие величины отклонений характерны для побережья оз. Байкал (ГМС Большое Голоустное позже на девять дней), а также Патомского нагорья (ГМС Перевоз раньше на 13 дней). Отклонения числа дней со снежным покровом на равнинной территории в основном невелики и разнонаправленны (см. табл. 3) при максимальных величинах этих отклонений ± 9 дней (ГМС Усть-Уда и Качуг). Число дней со снежным покровом увеличилось за 1981–2010 гг. в долинах рек таёжного пояса Восточного Саяна (ГМС Верхняя Гутара на 11 дней), в горном районе хр. Хамар-Дабан (ГМС Хамар-Дабан на 15 дней) и на побережье оз. Байкал (максимум 23 дня на ГМС Большое Голоустное).

Рассмотрим изменения дат залегания снежного покрова внутри периода 1981–2010 гг. В датах появления отмечается направленность к более раннему сроку появлению снега (коэффициенты регрессии в основном отрицательные); при этом устойчивые изменения более раннего выпадения снега от 3 до 8 дней/10 лет отмечены только на четырёх станциях (см. табл. 3) при вкладах тренда от 0,07 (ГМС Иркутск) до

Таблица 3. Отклонения (числитель – Δx , дни) за период последних десятилетий 1981–2010 гг. по отношению к 1891–1980 гг. и коэффициенты линейных трендов (знаменатель – b , дней/10 лет) за 1981–2010 гг. характеристик залегания снежного покрова на территории Предбайкалья*

Гидрометеостанции	Число дней	Отклонения дат			
		появление снежного покрова	устойчивый снежный покров образование	разрушение	сход снежного покрова
Ербогачён	0/–1,1	3/–0,2	1/1,2	3/–1,1	1/–0,1
Наканно	3/–2,5	–3/–1,3	–2/1,6	1/0,2	7/– 5,5
Непа	2/–1,9	0/0,3	–4/ 2,6	0/1,1	1/ 2,6
Киренск	0/0,2	–5/–1,5	–2/1,0	–1/0,2	3/1,3
Казачинское	3/0,1	–6/–1,8	–2/2,7	–1/0,3	1/1,5
Братск, обсерватория	3/0,1	–2/–1,3	3/0,3	–1/0,6	1/1,4
Нижнеудинск	0/–0,6	–1/–1,5	0/–0,3	–2/1,2	4/–2,9
Тайшет	3/–1,8	–5/–0,1	–3/2,5	–1/–1,0	5/–2,4
Иркутск, обсерватория	0/–0,1	–2/– 3,4	0/0,7	–2/0,7	3/–0,9
Усть-Ордынский	–3/2,4	–1/–1,7	–1/–1,9	–4/1,4	0/1,2
Бохан	1/1,9	1/– 4,6	–1/–0,2	–2/1,9	–1/–2,1
Зима	–1/1,9	0/– 7,7	–2/0,6	–4/1,5	2/–1,2
Усть-Уда	9/2,3	0/–0,4	–2/1,1	–2/2,0	–3/1,7
Тулун	1/0,6	–6/–2,9	–1/–0,2	–4/1,2	6/– 4,3
Баяндай	1/1,4	–4/3	2/–0,1	–2/0,7	9/2,6
Качуг	–9/1,6	–1/–1,3	3/–1,5	–8/0,2	1/–4,1
Жигалово	–3/–0,4	–1/–2,9	–4/1,3	–4/–0,3	–3/–0,2
Орлинга	–2/– 3,2	1/0,9	–3/1,9	–2/–0,3	–5/– 2,6
Верхняя Гутара	11/–2,3	–8/–0,03	–3/0,6	6/–2,9	2/–0,8
Инга	2/0,0	–5/–1,5	–2/–1,2	–2/0,3	3/– 4,3
Хамар-Дабан	15/–2,1	4/–1,3	1/1,4	–4/–1,8	–3/–1,3
Бодайбо	–7/–0,01	1/–1,1	0/–0,1	–8/–1,1	–3/–0,4
Перевоз	–5/–2,6	–9/– 4,2	–2/–1,5	–13/– 2,4	3/–0,3
Большое Голоустное	23/–0,9	–2/–2	–7/–1,2	9/0,9	3/–0,1

*Жирным шрифтом выделены значимые на 5%-м уровне коэффициенты линейных трендов.

0,26 (ГМС Зима). На большинстве станций проявляется тенденция к более раннему сходу снега (коэффициенты регрессии главным образом отрицательные). Среди устойчивых изменений отмечается как более поздний сход – на 2,6 дней/10 лет (ГМС Непа), так и более ранний – на 2,6 (ГМС Орлинга), 4,3 (ГМС Тулун, Инга) и 5,5 дней/10 лет (ГМС Наканно); при этом доля тренда в общей изменчивости незначительна и составляет 0,08–0,17. Отмечаются единичные устойчивые тенденции более позднего образования устойчивого снежного покрова на 3 дня/10 лет и более раннего разрушения устойчивого снежного покрова на 2 дня/10 лет при R^2 равном 0,07 и 0,08 соответственно.

Таким образом, характеристикам снежного покрова свойственна главным образом меж-

годовая изменчивость, а устойчивые изменения обнаружены лишь на отдельных станциях. За 1981–2010 гг. изменения продолжительности устойчивого снежного покрова статистически не значимы и разнонаправленны: от –3,2 (ГМС Хамар-Дабан) до 2,9 дня/10 лет (ГМС Усть-Ордынский) и доля тренда в общей изменчивости незначительна (рис. 1). Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова в Предбайкалье за многолетний период больше подвержена межгодовым изменениям и зависит от синоптических условий года.

Определены отклонения продолжительности залегания устойчивого снежного покрова за 1981–2010 гг. по отношению к предыдущим периодам 1891–1960 [19] и 1891–1980 гг. [21]. На равнинной территории в пределах юго-восточ-

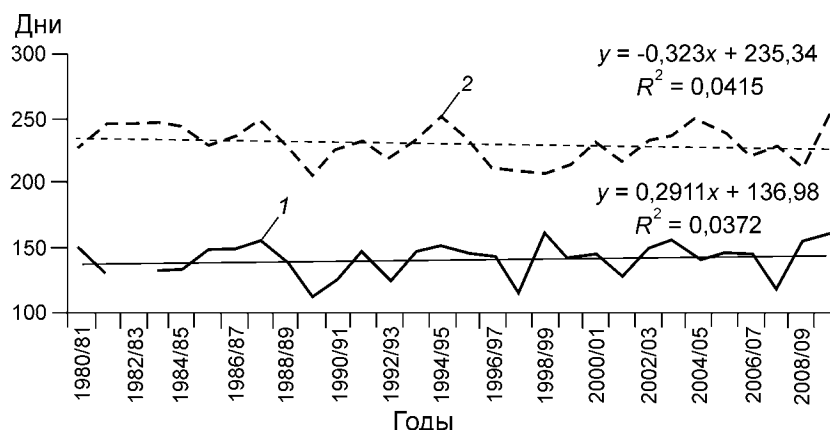


Рис. 1. Продолжительность устойчивого снежного покрова на некоторых станциях Предбайкалья:

1 – ГМС Усть-Ордынский; 2 – ГМС Хамар-Дабан

Fig. 1. Duration of stable snow cover in some stations of Baikal Region:

1 – HMS Ust-Orda; 2 – HMS Khamar-Daban

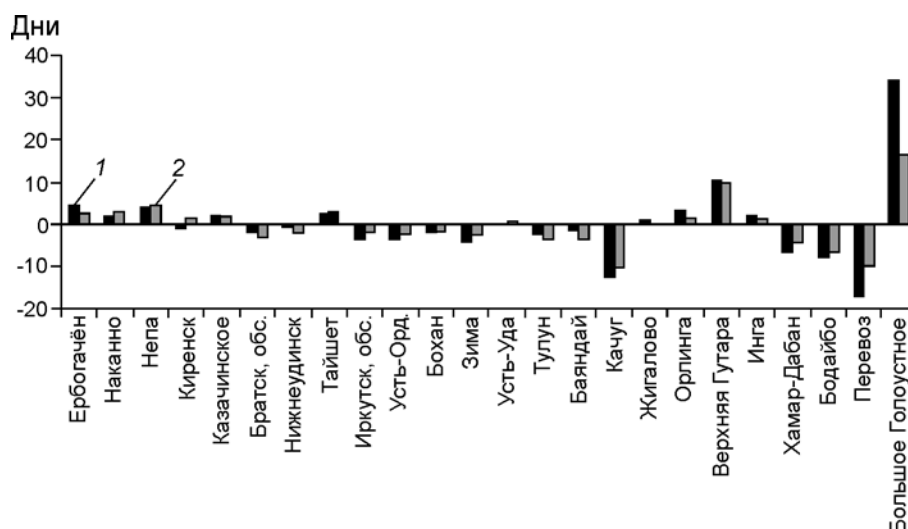


Рис. 2. Отклонения (дни) продолжительности залегания устойчивого снежного покрова за 1981–2010 гг.:

1 – по отношению к 1891–1960 гг.; 2 – по отношению к 1891–1980 гг.

Fig. 2. Deviation (days) of stable snow cover duration during 1981–2010:

1 – relative to the period of 1891–1960; 2 – relative to the period of 1891–1980

ной части Среднесибирского плоскогорья они составляют до ± 5 с наибольшим уменьшением на ГМС Качуг (10–12 дней) (рис. 2). Отклонения свыше 10 дней по отношению к периоду до 1960 г. отмечаются на отдельных станциях (ГМС Качуг, Перевоз, Большое Голоустное). Максимально (на 34 дня) увеличился период продолжительности залегания устойчивого снежного покрова на ГМС Большое Голоустное.

Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова влияет на природные процессы, поскольку снежный покров как деятель-

ная поверхность играет важную роль в тепло- и влагообороте. Приведём периоды, когда залегание устойчивого снежного покрова было выше или ниже средней продолжительности. В Предбайкалье в большинстве случаев это квазидвухлетние периоды, реже продолжительностью в 3–4 года. Так, залегание устойчивого снежного покрова выше средней продолжительности отмечалось в 1961/62–1962/63, 1976/77–1977/78, 1979/80–1982/83, 1984/85–1987/88, 1998/99–2000/01, 2002/03–2003/04 гг.; ниже средней – в 1963/64–1964/65, 1970/71–1971/72, 1988/89–

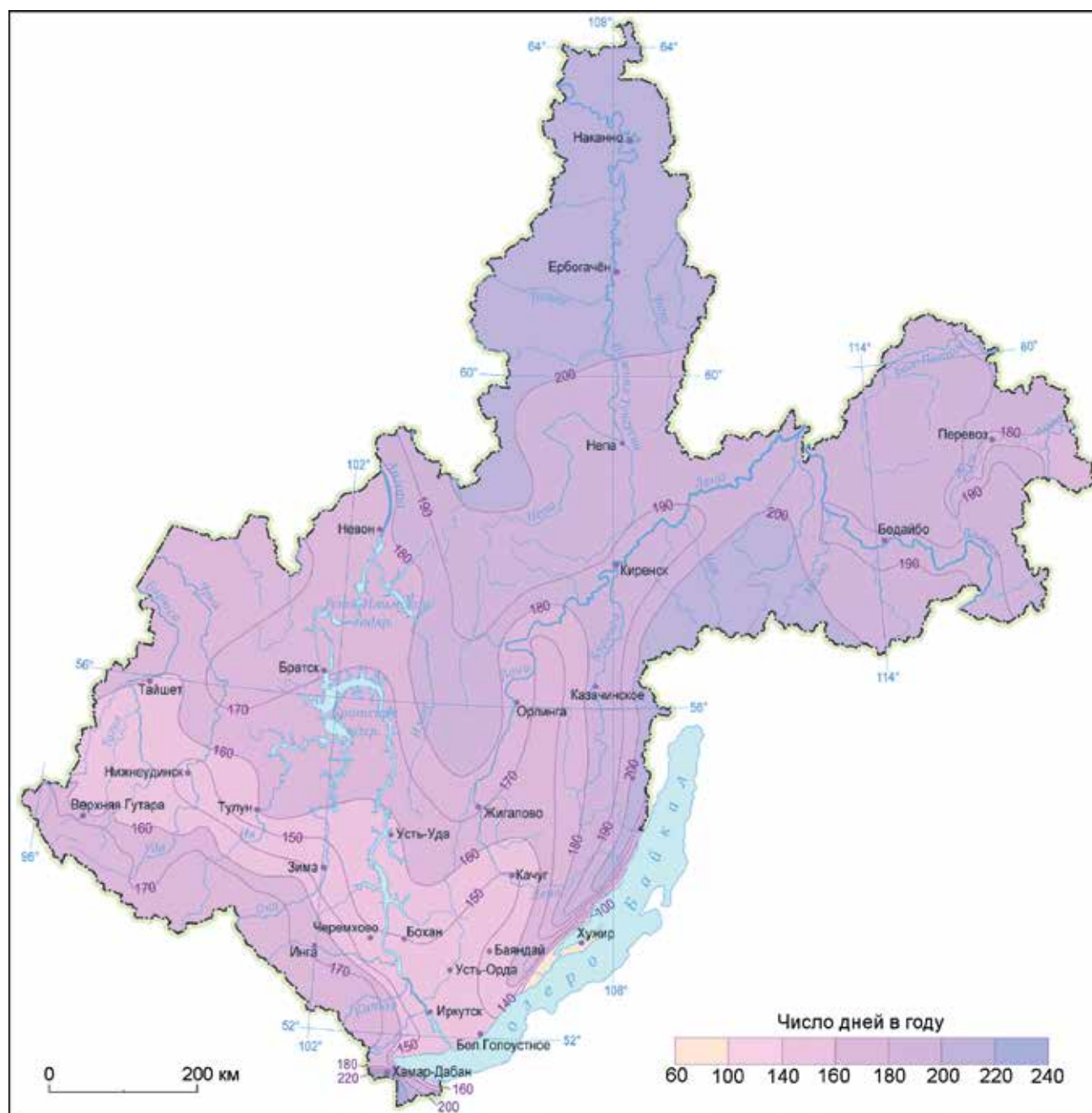


Рис. 3. Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова на территории Предбайкалья. Гидрометеорологические станции показаны точками

Fig. 3. Duration of stable snow cover on the territory of Eastern Siberia. Hydrometeorological stations are shown by dots

1990/91, 1992/93–1993/94, 1995/96–1997/98, 2007/08–2008/09 гг.

Рассмотрим пространственное распределение продолжительности залегания устойчивого снежного покрова в Предбайкалье (рис. 3). Для равнинной территории в пределах юго-восточной части Среднесибирского плоскогорья зале-

гание снега устойчиво: от 140–160 дней на Иркутско-Черемховской до 200 дней и более в году на Ербогаченской равнинах. С увеличением географической широты и абсолютной высоты местности продолжительность залегания устойчивого снежного покрова возрастает. В долинах рек Витима и Лены она увеличивается до 190 дней. Про-

должительность залегания устойчивого снежного покрова более 200 дней в году отмечается на наветренных горных склонах Северо-Байкальского нагорья, хребтов Аkitкан и Байкальский, а в горах Восточного Саяна (в пределах хр. Хамар-Дабан) она достигает 230 дней. На юго-западном побережье Байкала в центральной его части отмечается до 100 дней в году со снегом.

Заключение

К региональным особенностям климатических изменений в Предбайкалье за период последних десятилетий (1981–2010 гг.) относится повышение средней месячной температуры воз-

духа во все месяцы холодного времени года по отношению к предыдущему многолетнему периоду до 1980 г. и сохранение отрицательных значений температуры воздуха с октября по апрель, что способствует выпадению осадков в виде снега. Для режима и продолжительности залегания устойчивого снежного покрова в Предбайкалье, которое занимает равнинную территорию в пределах юго-восточной части Среднесибирского плоскогорья, и гор Восточного Саяна и Прибайкалья характерны межгодовые колебания. Даты образования устойчивого снежного покрова, а также увеличение числа дней и продолжительности залегания устойчивого снежного покрова наиболее изменчивы на юго-западном побережье оз. Байкал (ГМС Большое Голоустное).

Литература

1. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: изд. Росгидромета, 2014. 1009 с.
2. Башалханова Л.Б., Максютова Е.В. Влияние изменений температуры холодного периода на дискомфортность климата в Восточной Сибири // География и прир.ресурсы. 2014. № 1. С. 82–90.
3. Kabanov M.V. Seasonal regularities of the observed warming in Siberia // Atmospheric and Oceanic Optics. 2009. V. 22. № 1. P. 108–112.
4. Voropay N.N., Maksyutova E.V., Balybina A.S. Contemporary climatic changes in the Predbaikalie region // Environmental Research Letters. 2011. № 6. P. 1–9. 045209 doi:10.1088/1748-9326/6/4/045209.
5. Мелешко В.П., Катцов В.М., Говоркова В.А., Спорышев П.В., Школьник И.М., Шнееров Б.Е. Климат России в XXI веке. Ч. 3. Будущие изменения климата, рассчитанные с помощью ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана CMIP3 // Метеорология и гидрология. 2008. № 9. С. 5–21.
6. Кренке А.Н., Черенкова Е.А., Чернавская М.М. Устойчивость залегания снежного покрова на территории России в связи с изменением климата // Лёд и Снег. 2012. № 1 (117). С. 29–37.
7. Переведенцев Ю.П., Батршина С.Ф., Исмагилов Н.В., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Динамика снежного покрова на территории Республики Татарстан // Лёд и Снег. 2011. № 1 (113). С. 53–57.
8. Титкова Т.Б., Кононова Н.К. Связь аномалий накопления снега и общей циркуляции атмосферы // Изв. РАН. Сер. геогр. 2006. № 1. С. 35–46.

References

1. Vtoroy otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii. Obshchee rezyume. Moscow: Roshydromet, 2014, 1009 p. [In Russian].
2. Bashalkhanova L.B., Maksyutova E.V. Influence of temperature changes in cold period to the climate discomfort in the East Siberia. *Geografiya i prirodnye resursy*. Geography and Natural Resources. 2014, 1: 82–90. [In Russian].
3. Kabanov M.V. Seasonal regularities of the observed warming in Siberia // Atmospheric and Oceanic Optics. 2009, 22 (1): 108–112.
4. Voropay N.N., Maksyutova E.V., Balybina A.S. Contemporary climatic changes in the Predbaikalie region. *Environmental Research Letters*. 2011, 6: 1–9. 045209. doi:10.1088/1748-9326/6/4/045209.
5. Meleshko V.P., Katchov V.M., Govorkova V.A., Sporyshev P.V., Shkolnik I.M., Shneerov B.E. Climate of Russia in the 21st century. Pt. 3. Future changes of climate calculated according to ensemble of models of the general circulation of atmosphere and ocean CMIP3. *Meteorologiya i gidrologiya*. Meteorology and Hydrology. 2008, 9: 5–21. [In Russian].
6. Krenke A.N., Cherenkova E.A., Chernavskaya M.M. Stability of snow cover at the territory of Russia according to climate change. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2012, 1 (117): 29–37. [In Russian].
7. Perevedentsev Yu.P., Batrshina S.F., Ismagilov N.V., Naumov E.P., Shantalinskiy K.M. Dynamics of snow cover at the territory of Tatarstan Republic. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2011, 1 (113): 53–57. [In Russian].
8. Titkova T.B., Kononova N.K. Correlation between snow accumulation and general circulation of the atmosphere. *Izvestiya Ross. Akad. Nauk, Seriya Geogr.* Proc. of the RAS, Geographical Series. 2006, 1: 35–46. [In Russian].

9. Шмакин А.Б. Климатические характеристики снежного покрова Северной Евразии и их изменения в последние десятилетия // Лёд и Снег. 2010. № 1 (109). С. 43–57.
10. Китаев Л.М., Радионов В.Ф., Форланд Э., Разуваев В.Н., Мартуганов Р.А. Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова на севере Евразии в условиях современных изменений климата // Метеорология и гидрология. 2004. № 11. С. 65–72.
11. Попова В.В., Полякова И.А. Изменение сроков разрушения устойчивого снежного покрова на севере Евразии в 1936–2008 гг.: влияние глобального потепления и роль крупномасштабной атмосферной циркуляции // Лёд и Снег. 2013. № 2 (122). С. 29–39.
12. Копанев И.Д. Снежный покров на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 180 с.
13. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира / Ред. В.М. Котляков. М.: изд. Российской академии наук, 1997. 392 с.
14. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Коршунова Н.Н. Снежный покров на территории России и его пространственные и временные изменения за период 1966–2010 гг. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2011. Т. 24. С. 211–227.
15. Структура и ресурсы климата Байкала и сопредельных пространств / Отв. ред. Н.П. Ладейщиков. Новосибирск: Наука, 1977. 272 с.
16. Кононова Н.К. Влияние циркуляции атмосферы на формирование снежного покрова на северо-востоке Сибири // Лёд и Снег. 2012. № 1 (117). С. 38–53.
17. Истомина Е.А., Максютова Е.В. Возможность использования продукта MODIS «snow cover» для характеристики пространственной структуры снежного покрова Предбайкалья // Лёд и Снег. 2014. № 1 (125). С. 66–72.
18. Метеорологический ежемесячник. Вып. 22. Ч. 2. Иркутск: изд. Иркутского управления гидрометеорологической службы, 1981–2010 гг.
19. Справочник по климату СССР. Вып. 22. Ч. IV. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 279 с.
20. Максютова Е.В. Многолетние колебания толщины снежного покрова и максимальных снегозапасов на территории Предбайкалья // Лёд и Снег. 2013. № 2 (122). С. 40–47.
21. Научно-прикладной справочник по климату СССР: Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 22. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 604 с.
9. Shmakin A.B. Climatic characteristics of snow cover in Northern Eurasia and its changes over the last decades. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2010, 1 (109): 43–57. [In Russian].
10. Kitaev L.M., Radionov V.F., Forland E., Razuvaev V.N., Martuganov R.A. Duration of stable snow cover at the North of Eurasia in the conditions of present-day climate changes. *Meteorologiya i gidrologiya*. Meteorology and Hydrology. 2004, 11: 65–72. [In Russian].
11. Popova V.V., Polyakova I.A. Changes of dates of snow cover loss in the North of Eurasia in 1936–2008: influence of global warming and the role of large scale atmospheric circulation. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2013, 2 (122): 29–39. [In Russian].
12. Kopanov I.D. *Snezhenyi pokrov na territorii SSSR*. Snow cover at the USSR territory. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1978: 180 p. [In Russian].
13. *Atlas snezhno-ledovych resursov mira*. World Atlas of Snow and Ice Resources / Ed. V.M. Kotlyakov. Moscow: Russian Academy of Science, 1997: 392 p.
14. Bulygina O.N., Razuvayev V.N., Korshunova N.N. Snow cover at the territory of Russia and its spatial and temporal variability in 1966–2010. *Problemy Ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*. Problems of environmental monitoring and modeling of ecosystems. 2011, 24: 211–227. [In Russian].
15. *Struktura i resursy klimata Baykala i sopredelnykh prostranstv*. Structure and resources of climate at Baikal and surrounding territories / Ed. N.P. Ladeyshnikov. Novosibirsk: Nauka, 1977: 272 p. [In Russian].
16. Kononova N.K. Influence of atmospheric circulation to the snow cover formation at the north-east of Siberia. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2012, 1 (117): 38–53. [In Russian].
17. Istomina E.A., Maksyutova E.V. Possibility of use of product MODIS «snow cover» for the characteristics of snow cover spatial structure. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2014, 1 (125): 66–72. [In Russian].
18. *Meteorologicheskiy ezhemesyachnik*. Meteorological Month Book. Issue 22. Pt. 2. Irkutsk: 1981–2010. [In Russian].
19. *Spravochnik po klimatu SSSR*. Reference book of USSR climate. Issue 22. Pt. IV. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1968: 279 p. [In Russian].
20. Maksyutova E.V. Many years reference book of snow depth and maximal snow storages at the territory of Predbaikalie. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2013, 2 (122): 40–47. [In Russian].
21. *Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR: Ser. 3. Mnogoletnie dannye*. Reference book on climate of the USSR. Ser. 3. Many years data. Ch. 1–6. Issue 22. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1991: 604 p. [In Russian].