

Многолетние колебания толщины снежного покрова и максимальных снегозапасов на территории Предбайкалья

© 2013 г. Е.В. Максютова

Институт географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск

emaksyutova@irigs.irk.ru

Статья принята к печати 12 ноября 2012 г.

Максимальные снегозапасы, постоянная рейка, снегомерные съёмки, тенденции многолетних изменений, толщина снега.
Maximal snow storage, permanent snowstake, tendencies of the long-term changes, snow depth, snow survey.

За период 1961–2010 гг. отмечается значительная изменчивость толщины снежного покрова и снегозапасов на уровне биогеографических областей и провинций. Тенденции изменения толщины снега в большинстве случаев увеличиваются со значимыми коэффициентами регрессии, но скорости их изменения небольшие и составляют 0,6–6 см за 10 лет. Устойчивые изменения максимальных снегозапасов в лесу чаще всего положительны. Наибольший рост снегозапасов на лесных участках отмечается в Южносибирской горно-таёжной области – 10–21 мм за 10 лет. При небольшом количестве устойчивых тенденций отмечается увеличение снегозапасов до 4–8 мм за 10 лет на полевых участках Среднесибирской таёжной области.

Введение

Снежный покров – одно из самых распространённых явлений природы в Сибири. Он играет огромную роль в формировании климатических особенностей территории, так как, имея большую отражательную способность и малую теплопроводность, предохраняет почву от выхолаживания и резких температурных колебаний в зимнее время. Кроме того, он служит одним из основных источников влаги в почве, особенно для малоснежных районов. Снег относится к важной гидрологической характеристике территории, поскольку запасы воды в снеге к началу весеннего снеготаяния определяют объёмы весеннего речного стока. Региональные характеристики снежного покрова и их вариации необходимо учитывать при оценке условий перезимовки сельскохозяйственных культур, глубины сезонного промерзания почв, а также при планировании снегомелиоративных мероприятий. Снеговые нагрузки рассчитывают при строительстве объектов и эксплуатации дорог.

Территория, которую по исторически сложившейся традиции называют Предбайкальем, относится к географическому региону Южной Сибири; границы её не связаны с какими-либо природными рубежами. Расположена она на западе от Байкала, а в административном делении в её состав входит Иркутская область. Наряду с Забайкальем, расположенным к востоку от Байкала, выделяется и третий регион – Прибайкалье, к которому чаще относят только

собственно впадину Байкала с окружающими её горными хребтами [14]. Между этими регионами природные различия достаточно велики, что, прежде всего, выражается в рельефе и климате.

В условиях изменяющегося климата климатические нормы не остаются постоянными. Их определяют на основе продолжительных наблюдений. Так, в работе [7] обобщены данные по снежному покрову для территории бывшего СССР. Авторы публикации [5], используя обширную климатическую информацию научно-прикладных справочников по климату СССР по продлённым метеорологическим рядам до 1980 г., выполнили детальное исследование климата России и, в частности, характеристик снежного покрова. В исследовании [2] систематизирован материал по снегу и льду в глобальном масштабе. Изучены крупномасштабные и региональные вариации снежного покрова в условиях современных изменений климата [3, 4, 13, 15–17 и др.]. По оценкам, выполненным на основе сценарных прогнозов климатических моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО), в Западной и Восточной Сибири накапливаемая масса снега зимой будет расти, что приведёт к её интенсивному таянию весной [9]. Изменения природной среды и климата продолжают, поэтому изучение региональных характеристик снежного покрова позволит делать более надёжные климатические прогнозы и принимать правильные управленческие решения.

Постановка проблемы

Предбайкалье — территория, расположенная в умеренном поясе Северного полушария (52–64° с.ш.), в глубине обширного материка (95–118° в.д.). К отличительным местным физико-географическим условиям относятся: равнины с абсолютными высотами 200–500 м; плато и горные хребты (1500–2000 м и более); глубоко врезанные речные долины разной ширины и ориентации; водная масса оз. Байкал. Территория Предбайкалья расположена в зонах активного взаимодействия западных и восточных воздушных масс, а также продолжительной антициклональной синоптической обстановки и характеризуется континентальным климатом, который обуславливает большие амплитуды температур воздуха и неравномерное распределение атмосферных осадков по сезонам года. Согласно климатическому районированию М.И. Будыко, на рассматриваемой территории зима умеренно суровая и малоснежная: средняя температура в январе ниже –32 °С, а наибольшая средняя декадная толщина снежного покрова меньше 50 см. Анализ средних многолетних данных [11] показал, что на исследуемой территории твёрдые осадки наблюдаются с октября по апрель. В холодный период года из-за преобладания антициклонической погоды количество осадков незначительно (15–35%), скорость ветра небольшая, с декабря по февраль часто отмечаются штили. Байкал сильно влияет на климат, но это воздействие распространяется лишь на узкую прибрежную полосу. Значительную роль в формировании снежного покрова играют метели. Они редки в межгорных котловинах и долинах с инверсионным режимом, но в горах и на побережье Байкала наблюдаются довольно часто.

На рассматриваемой территории повышенное снегонакопление отмечается в пределах наветренных макросклонов Байкало-Патомского нагорья, хребтов Аkitкан, Байкальский, Хамар-Дабан и отрогов Восточного Саяна, благоприятно ориентированных относительно влагонесущих западных и северо-западных воздушных потоков. Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова здесь максимальна и достигает 200–250 дней в году. В горах он образуется в последней декаде сентября — первой декаде октября, а разрушается во второй половине мая. Максимальные снеготпасы формируются в конце марта — начале апреля и составляют 600–800 мм и более [1]. Наименьшее снегонакопление на-

блюдается на равнинах и в крупных понижениях рельефа во внутренних частях горных сооружений. Здесь продолжительность залегания снежного покрова уменьшается до 140–160 дней, а средние даты его образования смещаются на конец октября — начало ноября, а разрушения — на середину марта — начало апреля. Величина снеготпасов в период максимума, который отмечается во второй половине февраля — начале марта, редко превышает 100 мм. Как уже отмечалось, отепляющее влияние оз. Байкал в зимний период сказывается только на прибрежных станциях. Позднее образование устойчивого снежного покрова (последняя декада ноября) и самый ранний сход (первая декада марта) характерны для котловины оз. Байкал. Толщина снега в течение зимы постепенно увеличивается и достигает максимума в феврале–марте, а в горных районах — в апреле. Толщина снежного покрова недостаточна для предохранения почвы от промерзания, поэтому на территории Предбайкалья встречается островная многолетняя мерзлота.

Согласно районированию современного растительного покрова, в пределах рассматриваемой территории выделяют три биогеографические области: Среднесибирскую таежную; Южно-сибирскую горно-таежную; Байкало-Джугджурскую гольцово-горно-таежную [1]. В пределах равнин и плато Средней Сибири выделены провинции с господством средне-, южно- и подтаежных светлохвойных лесов. Горные, преимущественно тёмнохвойные леса распространены на Ангаро-Ленском плато, где они образуют особую провинцию. Горно-таежные леса развиты на склонах горных хребтов Южносибирской и Байкало-Джугджурской областей с чётким проявлением высотной поясности.

Для территории лесостепи Предбайкалья установлено, что в 1961–2000 гг. продолжительность залегания снежного покрова уменьшилась на большинстве станций, а толщина снега, которая определялась по постоянным рейкам, выросла на 2–6 см/10 лет. Максимальные скорости уменьшения толщины снежного покрова (3 см/10 лет) и снеготпасов (7–11 мм/10 лет) характерны для лесных массивов [8]. Наша задача — проанализировать пространственно-временную изменчивость толщины снежного покрова и максимальных снеготпасов биогеографических областей территории по данным наблюдений гидрометеорологических станций (ГМС) за период 1961–2010 гг.

Методика исследований

Для характеристики толщины снежного покрова и максимальных снегозапасов использованы материалы наблюдений Иркутского управления гидрометеорологической службы по постоянным рейкам на 61 метеостанции, а также данные снегомерных съёмок в лесу – 23 станции и в поле – 24 станции. Период исследований – 1961–2010 гг. [10]. Регулярные ежедневные наблюдения за снежным покровом на сети ГМС Росгидромета предусматривают измерение его толщины (высоты) по постоянным рейкам, которые могут быть как защищены от воздействия ветра, так и открыты. Для территории лесостепи Предбайкалья установлено, что на защищённых от ветра участках толщина снега больше, чем на открытых участках в соотношении 1,0–1,3 [8]. В нашей работе использованы наблюдения по всем типам участков, поскольку даётся не точечная характеристика снежного покрова, а пределы толщины его залегания на уровне провинций биогеографических областей. Декадные измерения толщины и плотности снега, по которым затем вычисляют снегозапасы, ведутся в процессе маршрутных снегомерных съёмок в основном для прогнозирования объёмов весеннего стока.

Мы анализировали величины, полученные путём осреднения максимальных декадных значений за каждый год, независимо от того, на какой месяц и декаду этот максимум приходится. Это – средняя максимальная декадная толщина снежного покрова по постоянным рейкам и материалам снегомерных съёмок (далее – толщина) и средний максимальный запас воды в снежном покрове (далее – снегозапас) по данным снегомерных съёмок. Согласно стандартным методикам Росгидромета, снегомерные съёмки проводятся и в поле, и в лесу. Период наблюдений за снежным покровом с помощью постоянных реек различен, что связано с ростом сети метеонаблюдений в начале XX в. и её закрытием в 1990-х годах. С 1928 г. снегомерные наблюдения вошли в общую программу метеонаблюдений на станциях и приняли массовый характер [7]. Требования к наблюдениям менялись, а в 1965 г. приняли уточнённую методику наблюдений за снежным покровом. В нашей работе выбран период 1961–2010 гг. Привлечено максимально возможное число наблюдений за снежным покровом по постоянным рейкам и снегомерным съёмкам. Анализировались наиболее полные ряды данных: при длине ряда в 50 лет пропуски не превышали 1–5 лет, что составляет не более 2–10%.

Характеристика пространственно-временной изменчивости снежного покрова велась методами математической статистики. При сравнении изменчивости использовали коэффициент вариации S_v . Тенденции изменения рассматривались с помощью линейной регрессии (тренда). Коэффициент регрессии b характеризует скорость изменения исследуемой величины. В качестве меры существенности тренда приводилась достоверность аппроксимации тренда (R^2), отражающая вклад тренда в дисперсию исходного процесса. Для оценки статистической значимости тренда используется 5%-й уровень, при котором отвергается гипотеза об отсутствии тренда.

Результаты исследования

На территории Предбайкалья сохраняются общие географические закономерности пространственной структуры поля снежного покрова – зависимость от циркуляционных условий атмосферы, от высоты и морфологии рельефа, от ветровых условий и залесённости. Количество зимних осадков быстро уменьшается с северо-запада на юго-восток и одновременно от верхних частей хребтов к днищам котловин. В северо-западных, северных и северо-восточных районах суммы осадков с октября по апрель составляют 110–160 мм; в центральных и южных районах количество осадков уменьшается до 60–120 мм. На западном берегу Байкала и его островах, а также в глубоко врезанных долинах рек в предгорьях Восточного Саяна (по данным ГМС Алыгджер, Верхняя Гутара; далее в скобках даются названия метеостанций) осадки незначительны и составляют 60–85 мм. Сезонные суммы около 390 мм характерны для горного района юго-западной части Байкала (Хамар-Дабан) [11].

За исследуемый период 1961–2010 гг. толщина снежного покрова в направлении с севера на юг снижается с 50–60 до 20–30 см и возрастает в горах Восточного Саяна (Хамар-Дабан) до 127 см. В направлении с северо-запада на юго-восток толщина снежного покрова также становится меньше: с 40–50 см (Шиткино, Червянка) она снижается до 10 см (Исток Ангары). Минимальная толщина снега в 4–6 см характерна для центральной части западного побережья оз. Байкал (Хужир, Сарма) и предгорий Восточного Саяна (Алыгджер). В табл. 1 даны основные статистические характеристики толщины снежного покрова биогеографических областей. В северной части Среднесибирской таёжной области, где распространены среднетаёжные светлохвойные леса, снегонакопление нерав-

Таблица 1. Статистические характеристики и оценки значимых линейных трендов толщины снежного покрова (см) по постоянной рейке в биогеографических областях Предбайкалья за 1961–2010 гг.

Провинция	Статистические характеристики					Оценки значимых линейных трендов	
	$x_{\text{ср}}$	$x_{\text{макс}}$	$x_{\text{мин}}$	δ	Cy	b , см/10 лет	R^2
<i>Среднесибирская таёжная область</i>							
Нижнетунгусская среднетаёжная	34–68	60–94	16–36	8–13	0,17–0,24	1,6–5,1	0,07–0,34
Ангарская южнотаёжная	21–54	40–81	8–29	7–13	0,21–0,38	2,2–4,8	0,09–0,29
Иркутско-Черемховская подгорно-подтаёжная	16–33	33–86	2–16	6–14	0,22–0,43	1,7–6,4	0,1–0,41
Лено-Ангарская горно-таёжная	20–47	37–67	8–29	7–9	0,17–0,34	1,2–2,4	0,05–0,22
<i>Южносибирская горно-таёжная область</i>							
Верхнебириусинская горно-тундрово-темнохвойно-горно-таёжная	4–51	13–76	0–31	3–12	0,22–0,75	0,9–2,7	0,06–0,19
Среднеокинская темнохвойно-горно-таёжная	42–43	61–68	19–23	9–11	0,21–0,27	2,2–2,6	0,08–0,18
Хамар-Дабанская гольцово-горно-таёжная	53–127	80–170	24–83	10–21	0,16–0,19	–	–
<i>Байкало-Джугджурская гольцово-горно-таёжная область</i>							
Патомская кедрово-стланиково-лиственнично-горно-таёжная	19–55	50–82	6–32	8–10	0,19–0,41	2,6–2,9	0,14–0,17
Предбайкальская горно-тундрово-тёмнохвойно-горно-таёжная	72	111	37	15	0,21	4,1	0,16
Байкальская озёрно-котловинная	4–15	11–60	0–3	3–10	0,46–1,11	0,6–3,9	0,1–0,29

номерное – от 34 см (Ика) до 68 см (Визирный). В отдельные годы толщина снега колебалась от 16 до 94 см. В северо-западных, центральных (Ангарская южнотаёжная и Лено-Ангарская горно-таёжная провинции Среднесибирской области) и северо-восточных районах Предбайкалья (Патомская провинция Байкало-Джугджурской области) толщина снега составляет 20–54 см.

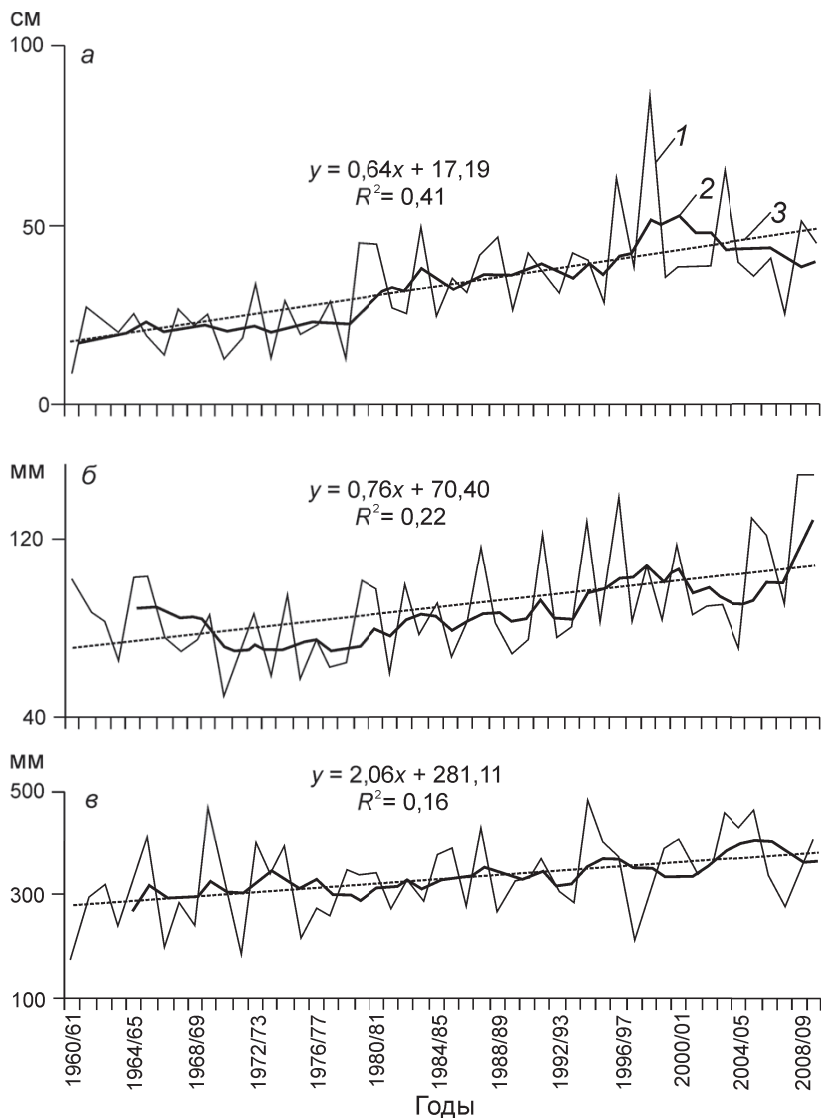
За исследуемый период 1961–2010 гг. минимум толщины снега в Ангарской южнотаёжной и Лено-Ангарской горно-таёжной провинциях колебался от 8 см (Нижнеудинск, Качуг) до 29 см (Казачинское, Орлинг). В отдельные годы максимум толщины достигал 81 см (Токма) и 67 см (Подволочное). В Патомской провинции минимальная толщина снега – 6 см (Светлый, Перевоз) и 32 см (Бодайбо), а максимальная достигала 50 см (Светлый) и 82 см (Бодайбо). На равнинной части территории Предбайкалья снегонакопление уменьшается до 16–33 см. Распределение снежного покрова в Иркутско-Черемховской провинции Среднесибирской области неравномерное. Под воздействием ветра с открытых участков снег сносится, на подветренных же склонах и в понижениях он накапливается. Наименьшее снегонакопление 16 см отмечается в пределах степных участков (Усть-Ордынский).

Максимум снегонакопления характерен для юга рассматриваемой территории – Хамар-Дабанской провинции Южносибирской области, где толщина снежного покрова достигает 127 см (Хамар-Дабан). Увеличение толщины снега на высоких хребтах обус-

ловлено ростом не только количества осадков с высотой, но и доли твёрдых осадков. В отдельные зимы она колеблется от 83 до 170 см. Величина стандартного отклонения наибольшая и составляет 21 см. В Верхнебириусинской провинции Южносибирской области отмечается чрезвычайно неравномерное распределение снега – от 4 до 51 см. В первом случае данные получены ГМС Алыгджер, расположенной в глубоко врезанной узкой долине р. Уда и подверженной сильному влиянию ветровой деятельности. В отдельные годы снег просто сносится, а максимальные его величины не превышают 13 см. Величина стандартного отклонения составляет 3 см. В Среднеокинской провинции Южносибирской области ГМС расположены у подножия Передового хребта Восточного Саяна, что благоприятно для накопления снега, толщиной до 40 см; минимальные значения – 20 см, максимальные – 61–68 см (Инга, Сарам).

Предбайкальская провинция Байкало-Джугджурской области представлена результатами наблюдений только одной ГМС Мама, расположенной на юго-западных отрогах Патомского нагорья. Средняя многолетняя величина снегонакопления – 72 см, в отдельные годы она может достигать 111 см.

Незначительна толщина (4–15 см) снежного покрова на западном побережье оз. Байкал и на о. Ольхон. Для Байкальской озёрно-котловинной провинции Байкало-Джугджурской области в холодный период года характерны ветры: с октября по декабрь среднемесячная скорость ветра в центральной части западного побережья Байкала со-



Многолетние изменения характеристик снежного покрова по данным наблюдений ГМС и снегомерных съёмок:

а – толщина снега (ГМС Кутулик); б – максимальные снеготалоупы в поле (ГМС Кобьяково); в – максимальные снеготалоупы в лесу (ГМС Хамар-Дабан); 1 – многолетний ход; 2 – скользящие пятилетние средние; 3 – линейный тренд

Long-term changes of snow cover parameters according to the observational data of meteorological stations and snow survey.

а – snow depth (Kutylik); б – maximal snow storage in the field (Koblyakovo); в – maximal snow storage in the forest (Khamar-Daban); 1 – long-term dynamics; 2 – five-year running; 3 – linear trend

ставляет 5–6 м/с [11]. Сильные ветры (≥ 15 м/с) могут наблюдаться на Байкале повсеместно. Особенно много дней с сильным ветром в ноябре и декабре – в среднем 11,5 дней в месяц [12]. Минимальная толщина снега колеблется от 0 см (Большое Голоустное, Сарма) до 3 см (Исток Ангары), максимальная составляет 11–60 см (Хужир, Узур).

Среднеквадратическое отклонение изменяется по территории в пределах 3–21 см. Наименьшие величины отклонения характерны для районов с малой толщиной снега (4–6 см, Алыгджер и Сарма), наибольшие – для района с максимальным снеготалоупом (Хамар-Дабан). Коэффициент вариации толщины снежного покрова изменяется по территории в зависимости от его толщины. С увеличением толщины покрова коэффициент вариации снижается. Так, на ГМС Хамар-Дабан величина C_v принимает минимальное значение –

0,16. На большей части территории при толщине снега 30–55 см коэффициент вариации толщины снега равен 0,17–0,3. При незначительной толщине снега (4–6 см, Алыгджер, Сарма) коэффициент вариации увеличивается и составляет 0,75–1,11.

Установлено, что тенденции изменения толщины снега по постоянной рейке в 62% случаев увеличиваются со статистически значимыми коэффициентами регрессии. На территории Средне-сибирской таёжной области рост толщины снега составляет 1–6 см/10 лет. Наименьший рост отмечается на ГМС Карам при вкладе тренда в дисперсию исходного процесса 0,05; наибольший – на ГМС Кутулик при вкладе тренда в дисперсию исходного процесса 0,41 (рисунок). Наблюдаемый рост толщины снежного покрова соотносится с усилением зонального переноса в Сибирском секторе с 1980-х годов, с чем связаны повышение тем-

Таблица 2. Статистические характеристики и оценки значимых линейных трендов максимальных снегозапасов (мм) по результатам снегомерных съёмов на лесных и полевых участках биогеографических областей Предбайкалья за 1961–2010 гг.

Провинция	Статистические характеристики					Оценки значимых линейных трендов	
	$R_{\text{ср}}$	$x_{\text{макс}}$	$x_{\text{мин}}$	δ	C_v	b , см/10 лет	R^2
<i>Лесные участки Среднесибирской таёжной области</i>							
Нижнетунгусская среднетаёжная	104–163	156–239	61–108	23–30	0,18–0,24	4,7–4,8	0,05–0,07
Ангарская южнотаёжная	71–129	116–193	39–74	18–27	0,21–0,22	(–2,9)–3,6	0,06–0,04
Иркутско-Черемховская подгорно-подтаёжная	64	106	36	18	0,28	(–3,1)	0,06
Лено-Ангарская горно-таёжная	50–88	81–141	22–46	12–20	0,21–0,23	(–3,9)–(–2)	0,07–0,08
<i>Лесные участки Южносибирской горно-таёжной области</i>							
Верхнебирюсинская горно-тундрово-тёмнохвойно-горно-таёжная	23–101	49–177	5–49	10–31	0,28–0,43	(–1,7)–9,5	0,06–0,2
Среднеокинская тёмнохвойно-горно-таёжная	81	132–135	27–52	18–23	0,22–0,28	4,4	0,12
Хамар-Дабанская гольцово-горно-таёжная	334	484	178	74	0,22	20,6	0,16
<i>Лесные участки Байкало-Джугджурской гольцово-горно-таёжной области</i>							
Патомская кедрово-стланиково-лиственнично-горно-таёжная	40–70	63–117	15–38	11–14	0,20–0,26	2,6–2,9	0,09–0,13
<i>Полевые участки Среднесибирской таёжной области</i>							
Ангарская южнотаёжная	71–111	116–179	30–64	18–28	0,23–0,35	3,9–7,8	0,05–0,22
Иркутско-Черемховская подгорно-подтаёжная	40–64	71–149	17–32	12–21	0,25–0,35	3,6–3,7	0,07
Лено-Ангарская горно-таёжная	42–101	70–144	11–64	13–21	0,19–0,30	–	–

пературы воздуха, особенно зимней, и увеличение количества осадков [6]. Толщина снега в Южносибирской горно-таёжной области увеличивается со скоростью 1–3 см/10 лет. Вклады трендов составляют 0,06–0,19. В Хамар-Дабанской гольцово-горно-таёжной провинции значимых изменений толщины снега не выявлено. Толщина снега в Байкало-Джугджурской гольцово-горно-таёжной области возрастает на 0,6–4,1 см за 10 лет. Наименьший рост отмечается на ГМС Сарма, наибольший – на ГМС Мама. Вклады тренда в дисперсию исходного процесса составляют 0,1–0,16.

Теперь рассмотрим пространственную изменчивость максимальных снегозапасов на различных маршрутах. Снегозапас определяется толщиной снежного покрова и плотностью снега. Плотность колеблется от 0,10–0,15 г/см³ в начале зимы до 0,25–0,30 г/см³ в конце зимы. Значения снегозапасов сильно варьируют по территории (табл. 2). Самые большие снегозапасы отмечены на севере Среднесибирской таёжной области по измерениям в лесу – от 104 мм (Наканно) до 16 мм (Визирный), а в отдельные годы они возросли до 156 и 239 мм соответственно. Величина стандартного отклонения составляет 23–30 мм, а коэффициент вариации равен 0,18–0,24. По мере продвижения на юг, в южной части Лено-Ангарского плато, максимальные снегозапасы снижаются до 50 мм (Баяндай), величины стандартного отклонения

уменьшаются до 12–20 мм, а коэффициенты вариации составляют 0,21–0,23.

На территории Южносибирской горно-таёжной области в предгорьях Восточного Саяна формируются снегозапасы до 100 мм. Согласно снегомерным съёмкам в лесу, в окрестности ГМС Алыгджер они минимальны и составляют 23 мм с большими межгодовыми колебаниями. Максимальные снегозапасы формируются на юге территории и составляют 334 мм (Хамар-Дабан); в отдельные годы их величина может отклоняться от средних на 178–484 мм. Изменчивость максимальных снегозапасов характеризуется стандартным отклонением от 10 мм (Алыгджер) до 74 мм (Хамар-Дабан) и коэффициентами вариации 0,22 и 0,43 соответственно.

В Байкало-Джугджурской биогеографической области снегомерные съёмки в лесу проводятся только в Патомской провинции. В окрестностях ГМС Светлый и Перевоз в лесу формируются снегозапасы, равные 40–70 мм. Величины стандартного отклонения составляют 11–14 мм, а коэффициенты вариации – 0,20–0,26.

Полевые участки расположены только в Среднесибирской таёжной области. По результатам снегомерных съёмов значения максимальных снегозапасов в лесу больше, чем в поле. Снегозапасы в поле около 110 мм характерны для ГМС Шиткино, Киренск и Чечуйск, расположенных в Ангарской южнотаёжной провинции. В отдельные годы они могут

достигать 160–180 мм. На юге территории, в степной её части, снегозапасы в поле снижаются более чем вдвое. На ГМС Усть-Ордынский они составляют 40 мм. Величина стандартного отклонения равна 12–28 мм. В Лено-Ангарской горно-таёжной провинции снегозапасы в поле составляют около 40–100 мм. Максимальные и минимальные величины могут отклоняться от средних в 1,5 раза. Величины стандартного отклонения сравнимы с таковыми в лесу на территории Среднесибирской биогеографической области и составляют в южнотаёжных районах 18–28, а на равнинной части – 12–21. Коэффициенты вариации в поле превышают коэффициенты вариации в лесу, что свидетельствует о более равномерном залегании снега в лесу, чем в поле.

За рассматриваемый период устойчивые изменения максимальных снегозапасов в лесу составляют 57% случаев снегомерных съёмок. Тенденции имеют разную направленность, в большинстве случаев – положительную. Больше всего увеличились снегозапасы в лесу в Южносибирской горно-таёжной области: в Верхнебирюсинской (Нерой) и в Хамар-Дабанской (Хамар-Дабан) провинциях со скоростью 10–21 мм/10 лет. Вклад тренда в дисперсию исходного процесса составил 0,16–0,2 (см. рисунок). Остальные статистически значимые изменения происходили с малыми коэффициентами регрессии при вкладах тренда до 0,13. На полевых участках только в 21% случаев наблюдались устойчивые изменения максимальных снегозапасов. Направленность тенденций была положительной, однако скорости изменения были невелики – от 4 мм/10 лет в Иркутско-Черемховской провинции (Черемхово, Зима) до 8 мм/10 лет в Ангарской южнотаёжной провинции (Кобляково) при вкладе тренда в дисперсию исходного процесса 0,07 и 0,22 соответственно.

Заключение

На территории Предбайкалья в период 1961–2010 гг. отмечается значительная изменчивость толщины снежного покрова и величин снегозапасов на уровне биогеографических областей и провинций, связанная с климатическими и орографическими факторами. Наиболее существенны различия рассматриваемых характеристик снежного покрова между Среднесибирской таёжной областью и горными областями – Южносибирской горно-таёжной и Байкало-Джугджурской гольцово-горно-таёжной.

К особенностям снегонакопления Среднесибирской таёжной области относится его неравномерное распределение по провинциям: от 70 см

(Нижнетунгусская среднетаёжная провинция) до 16 см на степных равнинных участках (Иркутско-Черемховская провинция). На большей части территории при толщине снега 30–55 см коэффициент вариации равен 0,17–0,3. В горных областях толщина снежного покрова может достигать 130 см (Хамар-Дабанская провинция) при минимальном коэффициенте вариации 0,16. Значительной толщиной снега (около 70 см) отличаются юго-западные отроги Патомского нагорья (Предбайкальская провинция), расположенные перед высокими горными сооружениями. Высокие значения снегонакопления характеризуются небольшими коэффициентами вариации 0,17–0,24. Весьма неравномерное распределение снежного покрова в северо-восточных районах Предбайкалья (Патомская провинция Байкало-Джугджурской гольцово-горно-таёжной области), где толщина снежного покрова составляет 20–55 см, а изменчивость достигает 0,41.

В Верхнебирюсинской провинции Южносибирской горно-таёжной области на распределение толщины снега влияют местные условия. Здесь отмечается наименьшая толщина снега – 4 см, а коэффициент вариации составляет 0,75. Особые климатические условия характерны для котловины оз. Байкал. На западном побережье оз. Байкал и на о. Ольхон (Байкальская озёрно-котловинная провинция Байкало-Джугджурской области) снежный покров формируется под влиянием интенсивной ветровой деятельности и отличается незначительной толщиной (4–15 см) при высоких коэффициентах вариации (0,46–1,11).

Снегозапасы на лесных участках снегомерных съёмок Среднесибирской таёжной области изменяются от 100–160 мм в Нижнетунгусской среднетаёжной провинции до 50 мм в Лено-Ангарской горно-таёжной провинции. Коэффициенты вариации составляют 0,18–0,24. На территории Южносибирской горно-таёжной области формируются снегозапасы от минимальных для всей территории Предбайкалья в Верхнебирюсинской горно-тундрово-тёмнохвойно-горно-таёжной (23 мм) до максимальных в Хамар-Дабанской гольцово-горно-таёжной провинции (334 мм). Их изменчивость характеризуется коэффициентами вариации 0,22–0,43. В Байкало-Джугджурской биогеографической области снегомерные съёмки в лесу проводятся только в Патомской провинции. Здесь формируются снегозапасы в 40–70 мм, а коэффициенты вариации составляют 0,20–0,26.

Максимальные снегозапасы в лесу больше, чем в поле. Для полевых участков, расположенных

только в Среднесибирской таёжной области, характерны снегозапасы в 40–110 мм. Минимальные величины отмечаются на юге территории, в степной её части. Максимальные и минимальные величины могут отклоняться от средних в 1,5 раза. Коэффициенты вариации в поле превышают коэффициенты вариации в лесу, что свидетельствует о более равномерном залегании снега в лесу, чем в поле.

В большинстве случаев тенденции изменения толщины снега увеличиваются со значимыми коэффициентами регрессии, но скорости изменения небольшие – от 0,6 мм/10 лет в Байкальской озёрно-котловинной провинции Байкало-Джугджурской гольцово-горно-таёжной области до 6 см/10 лет в Иркутско-Черемховской подгорно-подтаёжной провинции Среднесибирской таёжной области.

Изменения максимальных снегозапасов на лесных участках биогеографических областей чаще всего статистически значимы и имеют разную направленность, но в основном – положительную. Наибольшее увеличение снегозапасов на лесных участках характерно для Южносибирской горно-таёжной области: в Верхнебирюсинской горно-тундрово-тёмнохвойно-горно-таёжной провинции оно составляет 10 мм/10 лет, а в Хамар-Дабанской гольцово-горно-таёжной – 21 мм/10 лет. Изменения максимальных снегозапасов на полевых участках Среднесибирской таёжной области статистически значимы в 21% случаев снегомерных съёмов. Отмечается небольшое увеличение снегозапасов в Иркутско-Черемховской подгорно-подтаёжной провинции (4 мм/10 лет) и в Ангарской южнотаёжной (8 мм/10 лет).

Современные изменения природной среды и климата требуют дальнейших исследований характеристик снежного покрова как части климатической системы. При этом должны учитываться ландшафтные особенности территории различных пространственных масштабов.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность В.В. Кравченко за участие в подготовке данной работы.

Литература

1. Атлас. Иркутская область: Экологические условия развития. М.–Иркутск: изд. ИГ СО РАН, Роскартографии, 2004. 90 с.
2. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. М.: изд. Российской академии наук, 1997. 492 с.
3. *Китаев Л.М.* Пространственно-временная изменчивость высоты снежного покрова в Северном полушарии // Метеорология и гидрология. 2002. № 5. С. 28–34.
4. *Китаев Л.М., Туткова Т.Б., Черенкова Е.А.* Тенденции снегонакопления на территории Северной Евразии // Криосфера Земли. 2007. Т. XI. № 3. С. 71–77.
5. Климат России. СПб.: Гидрометеиздат, 2001. 655 с.
6. *Кононова Н.К.* Колебания циркуляции атмосферы Сибирского, Дальневосточного и Тихоокеанского секторов Северного полушария в XX – начале XXI века и их климатические последствия // Материалы XIV совещ. географов Сибири и Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2011. С. 173–174.
7. *Копанев И.Д.* Снежный покров на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 181 с.
8. *Максютова Е.В.* Характеристика снежного покрова лесостепи Предбайкалья // Лёд и Снег. 2012. № 1 (117). С. 54–61.
9. *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 ансамбли моделей общей циркуляции атмосферы и океана СМIP3 // Метеорология и гидрология. 2008. № 9. С. 5–21.
10. Метеорологический ежемесячник. Вып. 22. Ч. 2. Иркутск: изд. Иркутского управления гидрометеорологической службы, 1961–2010 гг.
11. Научно-прикладной справочник по климату СССР: Сер. 3. Вып. 22. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 604 с.
12. Особенности гидрометеорологического режима озера Байкал и их влияние на деятельность флота. Иркутск: изд. Иркутского управления гидрометеорологической службы, 1967. 98 с.
13. *Попова В.В.* Структура многолетних колебаний высоты снежного покрова в Северной Евразии // Метеорология и гидрология. 2004. № 8. С. 78–88.
14. Структура и ресурсы климата Байкала и сопредельных пространств. Новосибирск: Наука, 1977. 270 с.
15. *Туткова Т.Б., Кононова Н.К.* Связь аномалий накопления снега и общей циркуляции атмосферы // Изв. РАН. Сер. геогр. 2006. № 1. С. 35–46.
16. *Шмакин А.Б.* Климатические характеристики снежного покрова Северной Евразии и их изменения в последние десятилетия // Лёд и Снег. 2010. № 1 (109). С. 43–57.
17. *Rasuvaev V.N., Bulygina O.N.* Variations in snow characteristics over the Russian territory in recent decades // Proc. of First Asia CliC Symposium. 20–22 April. Yokohama. Japan, 2006. P. 35–38.

Summary

The paper describes the variability of snow depth and maximal snow storage at level of biogeographical areas and provinces for the long-term period of 1961–2010. Tendencies of snow depth changes increase in most cases with significant factors of regression, but the changes are rather small, only 0.6–6 cm/10 years. Steady changes of maximal snow storage are positive in the most cases of wood sites. The greatest increase of maximal snow storage on wood sites is noted in the South Siberian mountain and taiga area with 10–21 mm/10 years, and, on the contrary, with 4–8 mm/10 years on field sites of Mid-Siberian taiga area.