

ГЕОМОРФОЛОГИЯ, ГИДРОЛОГИЯ

УДК 551.578.46

ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА И РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В БАСЕЙНАХ МАЛЫХ РЕК

Н.С. Евсеева¹, А.И. Петров¹, М.А. Каширо¹, З.Н. Квасникова¹, А.С. Батманова¹, А.В. Хон^{1,2}

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

² Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

По материалам ландшафтно-маршрутных снегосъемок в кедровом лесу и на пашне в бассейне р. Басандайка за 1988–2017 гг. был произведен сравнительный анализ основных характеристик снежного покрова в разные по снежности годы. Результаты анализа позволяют сделать следующие выводы: толщина снежного покрова в кедровом лесу изменяется от 27 до 72 см, составляя в среднем 58 см, на пашне – от 0 до 240 см, в среднем 53 см; плотность снежного покрова в кедровом лесу колеблется от 0,19 до 0,24 г/см³, в среднем 0,21 г/см³, на пашне – от 0,21 до 0,32 г/см³, в среднем 0,27 г/см³; снегозапас изменяется от 58 до 220 мм; в среднем – от 142 до 157 мм. Значительная неравномерность в распределении снежного покрова, зависящая от метелевого переноса, микрорельефа и растительности на исследуемой территории, влияет на процессы формирования стока талых вод, развитие водной эрозии и дефляции почв.

Ключевые слова: толщина, плотность снежного покрова, рельеф, растительность, метели, ключевой участок, подтайга.

Введение

Снег – одно из характерных явлений природы в полярных и умеренных широтах Земли. Ежегодно в холодное время года примерно четвертая часть планеты покрыта снегом (115 млн км²), а масса сезонного снега оценивается в 17×10^{12} т [Котляков, 2012]. Снежный покров (СП) оказывает большое влияние на природные процессы и жизнедеятельность людей – на климат, температурный режим и степень увлажнения почв, глубину их промерзания; играет существенную роль в формировании весеннего стока рек, влияет на геоморфологические процессы, функционирование ландшафтов, жизнь растений и животных и др.

Анализ литературных источников по изучению снежного покрова [Рихтер, 1948; География, 1960; Снег, 1986; Кренке, Китаев, Турков, 1997; Коломыц, 2008, 2013; Бутюгин, 2008; Горбатенко, 2012; Трофимова, Балыбина, 2014] показал, что в разных зональных и региональных условиях существенно варьируют такие важные характеристики снежного покрова, как толщина, плотность, продолжительность залегания, а также стратиграфия снежной толщи. Это связано с особенностями зимнего режима той или иной территории.

Кроме того, снежный покров – один из наиболее чувствительных индикаторов изменения климата холодного периода года, так как его характеристики зависят от изменений климата, во многом и определяя их, поскольку являются связующим звеном меж-

ду климатическими и гидрологическими процессами [Шмакин, 2010; Котляков, 2012; Горбатенко, 2012; Евсеева и др., 2016] и др.

Как известно, синоптические процессы определяют общее и фоновое количество выпавшего снега, а его пространственное накопление зависит от природной зоны, рельефа, растительности, ветрового режима, метелевого переноса и др. Влияние каждого фактора обусловлено площадью исследуемой территории и может быть проанализировано с использованием различного фактического материала. Пространственная изменчивость основных характеристик СП обычно рассматривается в трех масштабах – макро-, мезо- и микромасштабах. Большинство работ, характеризующих СП, основаны на данных снегомерных наблюдений сети гидрометеостанций и охватывают территории водосборов в сотни и тысячи квадратных километров. Изучение локальных влияний рельефа, растительности, шероховатости поверхности местности и др. хорошо прослеживается на уровне микромасштаба на ключевых участках водосборов. Как отмечает [Шутов, 1994], несмотря на обширный опыт изучения СП, остаются актуальными в своих новых аспектах и приложениях моделирование стока с лесных водосборов, достоверная интерпретация результатов аэрокосмической съемки, регулирование снегозапасов и талого стока посредством лесохозяйственных мероприятий и др.

В настоящей статье рассмотрено влияние рельефа и растительности на распределение снежного покрова. Особенностью данной работы является то, что

большая часть действующих метеостанций на территории Томской области расположена в долинах крупных рек – Оби, Томи, Васюгана, Чаи, Кети, Тыма, Чулыма. Вследствие этого исследования аккумуляции снега за зиму на междуречьях в бассейнах малых рек, освоенных в хозяйственном отношении, могут внести существенный вклад в изучение снежного покрова и его роли в природных и природно-антропогенных ландшафтах. Такие исследования также важны при использовании данных метеорологических наблюдений для различных прогнозов [Дерюгин, 1990].

Объект и методы исследования

Объект исследования – снежный покров зоны подтайги в пределах Томской области. Предмет исследования – сравнительный анализ основных характеристик снежного покрова в разные по снежности годы в зависимости от рельефа и растительности для слабоизученных территорий (на примере данных ключевых участков, расположенных в бассейне р. Басандайка).

Бассейн малой реки Басандайка расположен на юго-востоке зоны подтайги Западно-Сибирской равнины. Река Басандайка – правый приток р. Томи в районе г. Томска, ее длина – 57 км, площадь водосбора составляет 402 км². На протяжении 30 лет, с 1988 по 2017 гг. включительно, ежегодно перед

началом снеготаяния и по ходу этого процесса проводятся ландшафтно-маршрутные снегосъемки на ключевых участках в пределах северного макросклона междуречья малых рек Басандайки – Тугояковки в районе села Лучаново (рис. 1).

Влияние рельефа и растительности на накопление СП изучалось по профилям, заложенным на пашне и в кедровом лесу, суммарной длиной около 7 км. Измерения толщины и плотности снежного покрова производились в зависимости от площади репрезентативных участков. Плотность снежного покрова в кедровом лесу и на пашне определялась в 5–10 точках и более в зависимости от длины профиля. Общее количество измерений толщины снежного покрова на ключевых участках составляло 50–200 [Евсеева, Квасникова, 2015; Евсеева и др., 2016]. Методы оценки однородности рядов наблюдений производилось по параметрическим критериям Фишера и Стьюдента. Для восстановления пропусков в рядах наблюдений СП использовали корреляционный и регрессионный методы. При определении оценок параметров кривых распределения основных характеристик снежного покрова использовался метод моментов, а при расчетах значений толщины и снегозапаса снежного покрова принятой обеспеченности применяли трехпараметрическое распределение С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля [Магрицкий, 2014]. Для исследования динамики основных характеристик снежного покрова использовался тренд-анализ.

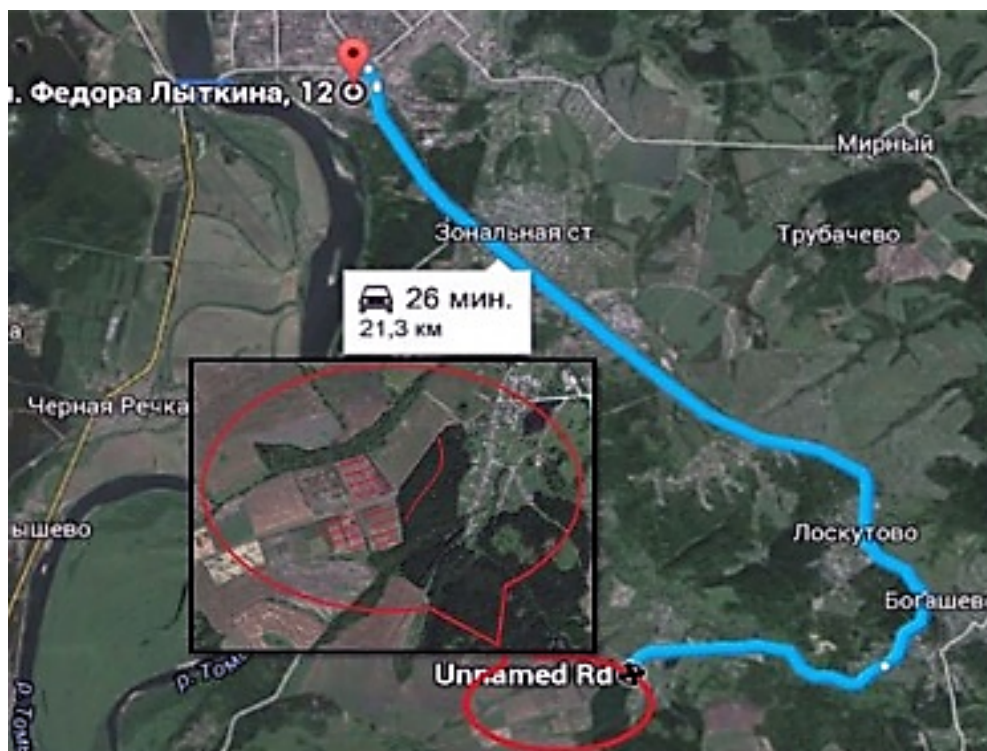


Рис. 1. Схема расположения ключевых участков с. Лучаново

Fig. 1. The layout of the key sections of Luchanovo

Обсуждение результатов

В соответствии со схемой районирования территории России и стран ближнего зарубежья по географическим типам и подтипам формирования и развития снежного покрова по Э.Г. Коломьцу [Коломьц, 2013] на исследуемой территории развит смешанный (эписингенетический) тип формирования и развития снежного покрова (рис. 2).

Для него характерны значительная толщина СП (40–70 см), плотность снега от 0,19–0,20 до 0,23–0,25 г/см³, меньшая первичная дифференциация толщи и более четкие следы ее эволюции по траектории конструктивного метаморфизма. На карте (рис. 2) отражены лишь общие закономерности географического типа формирования и развития снежного покрова, в реальности они весьма изменчивы в пределах одной зоны, подзоны и в широтном направлении, а также в зависимости от рельефа и растительности.

Среднегодовое количество осадков на исследуемой территории, по данным метеостанции г. Томск, – 617 мм, из них на долю твердых осадков

приходится до 34 %. Средняя дата устойчивого залегания СП за период 1955–2016 гг. приходится на 26 октября. Самая ранняя дата устойчивого залегания СП за 1987–2017 гг. наблюдалась 5 октября 2006 г., самая поздняя – 21 ноября 2005 г. Продолжительность залегания СП изменялась от 165 дней (зима 2005–2006 г.) до 207 (зима 1997–1998 г.), составив в среднем 177 дней, а за последние 30 лет – 187 дней.

По данным за 30-летний период наблюдений в бассейне р. Басандайка, определены толщина, плотность и снеговой запас (табл. 1) на момент наибольшего снегонакопления за зиму до начала снеготаяния. Из табл. 1 видно, что в разные по снежности годы толщина снежного покрова в кедровом лесу колеблется в пределах 27–72 см, плотность, соответственно, от 0,19 до 24 г/см³, снеговой запас – от 51 до 171 мм, в среднем составляя 124 мм. На полевых участках толщина варьирует от 22 до 85 см, плотность – соответственно от 0,21 до 32 г/см³, снеговой запас – от 53 до 220 мм. По данным анализа снегового запаса за зиму перед началом снеготаяния на открытых полевых участках ($S_{\text{сп.п}}$) и в кедровом лесу ($S_{\text{сп.л}}$), установлено соотношение $S_{\text{сп.п}}/S_{\text{сп.л}}$, равное 1,15–1,23.

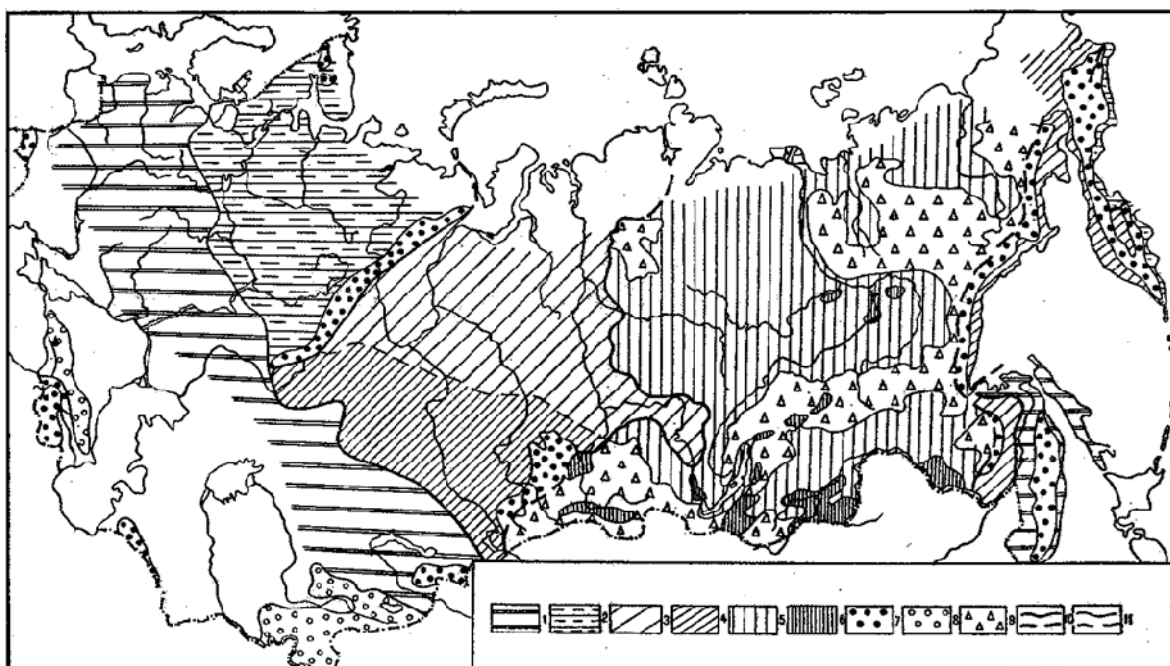


Рис. 2. Схема районирования территории России и ближнего зарубежья по географическим типам и подтипам формирования и развития снежного покрова [Коломьц, 2013]

Сингенетический тип: 1 – первый подтип; 2 – второй подтип. Переходный тип: 3 – первый подтип; 4 – второй подтип. Эпигенетический тип: 5 – первый подтип; 6 – второй подтип. Полигенетический тип: 7 – с преобладанием сингенеза во всех высотных поясах; 8 – с переходом от сингенеза в предгорьях и низкогорьях к переходному типу в высокогорьях; 9 – с переходом от эпигенеза в нижних поясах гор к переходному типу в высокогорье. Границы: 10 – типов, 11 – подтипов

Fig. 2. Scheme of regionalization of the territory of Russia and the near abroad by geographic types and subtypes of formation and development of the snow cover [Kolomits, 2013]

Syngenetic type: 1 – the first subtype; 2 – the second subtype. Transitional type: 3 – the first subtype; 4 – the second subtype. Epigenetic type: 5 – the first subtype; 6 – the second subtype. Polygenetic type: 7 – with predominance of syngenes in all high-altitude belts; 8 – with the transition from syngenes in the foothills and low mountains to a transitional type in the highlands; 9 – with the transition from epigenesis in the lower mountain belts to the transitional type in the highlands. The boundaries: 10 – types, 11 – subtypes

Наблюдения на ключевых полевых участках (рис. 3) за снежным покровом по данным снегосъемок в микромасштабе показывают существенные вариации его характеристик. Толщина снежного покрова (табл. 1), определенная за многолетний период, в разных ландшафтах изменяется в среднем от 38 до 58 см. Наибольшая толщина снежного покрова в

поле агроландшафтов колеблется от 11 до 67 см, но в сугробах достигает 240 см, возможно, и более [Евсеева и др., 2016]. Для полевых участков характерна высокая изменчивость плотности снежного покрова – от 0,23 до 0,32 г/см³, зависящая от агрофона, микрорельефа, экспозиции склона, метелевого переноса снега и других факторов.

Таблица 1

Характеристики снежного покрова на ключевых участках за 1988–2017 гг.

Table 1

Snow cover characteristics in key areas for 1988–2017

Ключевые участки – урочища	Толщина, см				Плотность, г/см ³		Снегозапас, мм			
	H _{ср} , см	C _v	H _{max} , см	H _{min} , см	ρ, г/см ³	C _v	S _{ср} , мм	C _v	S _{max} , мм	S _{min} , мм
Кедровый лес	58	0,17	$\frac{72}{1997 \text{ г.}}$	$\frac{27}{2012 \text{ г.}}$	0,21	0,07	124	0,20	$\frac{171}{2013 \text{ г.}}$	$\frac{51}{2012 \text{ г.}}$
Поле (пашня) склон южной экспозиции	53	0,22	$\frac{80}{2010 \text{ г.}}$	$\frac{27}{1996 \text{ г.}}$	0,27	0,11	142	0,27	$\frac{194}{1997 \text{ г.}}$	$\frac{161}{1996 \text{ г.}}$
Поле (пашня) склон северной экспозиции	57	0,29	$\frac{85}{2010 \text{ г.}}$	$\frac{22}{1990 \text{ г.}}$	0,27	0,11	153	0,31	$\frac{220}{2017 \text{ г.}}$	$\frac{54}{1990 \text{ г.}}$
Распаханная ложбина, склон южной экспозиции	38	0,32	$\frac{67}{2010 \text{ г.}}$	$\frac{18}{1996 \text{ г.}}$	0,27	0,09	104	0,31	$\frac{161}{1997 \text{ г.}}$	$\frac{53}{1989 \text{ г.}}$

Примечание: H_{ср}, H_{max}, H_{min} – среднемноголетняя, наибольшая и наименьшая толщина снежного покрова, см; C_v – коэффициент изменчивости толщины, плотности и снегозапаса снежного покрова; ρ – плотность снега, г/см³; S_{ср}, S_{max}, S_{min} – среднемноголетний, наибольший и наименьший снегозапас в конце зимы перед началом снеготаяния, мм.

Note: H_{ср}, H_{max}, H_{min} – the average annual, the largest and smallest thickness of the snow cover in cm; C_v – coefficient of variability of thickness, density and snow cover of the snow cover; ρ – density of snow, g/cm³; S_{ср}, S_{max}, S_{min} – average annual, largest and smallest snowfall at the end of winter before snow melting, mm.



Рис. 3. Схема размещения ключевых участков в районе с. Лучаново

Fig. 3. Layout of key sites in the area of Luchanovo

Основными причинами неравномерного залегания снежного покрова являются метелевой перенос, микрорельеф, растительность. Метелевой перенос – горизонтальное перемещение рыхлого снега ветром с образованием надувов и сугробов. Метели – характерное явление для территории, они возможны с октября по май, но наибольшая их активность наблюдается в декабре и январе. Среднее число дней с метелью в эти месяцы в зоне подтайги достигает 5,2 [Журавлев, 2013]. Средняя продолжительность метели за 2000–2011 гг. составила 2,6 ч, но может продолжаться до 42,5 ч. Средние скорости ветра в зимние месяцы на исследуемой территории 4 м/с, максимальные скорости достигают 20–25 м/с [Евсеева, Квасникова, 2015].

Ветер характеризуется порывистостью. Порывы ветра на высоте одного метра над поверхностью земли достигают 15–25 м/с. Критические скорости ветра, необходимые для начала метелевого переноса, составляют: для свежеснеженного сухого рыхлого снега при температуре $-2,5^{\circ}\text{C}$ – 0,15 м/с; для сухого слегка уплотненного снега – 0,27 м/с; для снега, отложенного несколько часов назад при температуре 0°C , – 0,40 м/с; для старого затвердевшего снега, уплотненного ветром, – 1 м/с [Снег, 1986]. Установлено, что во время метелей при скорости ветра 10 м/с расход снега составляет 100 г/с на 1 м ширины склона; при 15 м/с – 500 г/м·с; при 20 м/с – 500–600 г/м·с [Инженерная..., 2013]. Таким образом, горизонтальный перенос снега в формировании снеготопливого запаса, особенно на участках, лишенных растительности либо слабо облесенных, имеет существенное различие (табл. 1).

Влияние микрорельефа также находит отражение в толщине снежного покрова, наиболее ярко это проявляется на пашне. Так, анализ толщины снежного покрова по профилям, заложенным на плакорных и склонах пашни северной и южной экспозиции, суммарной длиной около 6 км и кедровом лесу длиной в 0,5–1,0 км и более показал, что она изменяется от 0–20 см на наветренных склонах и вершинах микроповышений рельефа и достигает 100–160 см в депрессиях, на днищах распаханых балок.

Большое влияние на накопление снега оказывают лесополосы и облесенные депрессии, опушка кедрового леса, где толщина снежного покрова достигает 100–180 см, а у лесополос – 200–240 см, возможно, и более. В самом кедровом лесу залегание снежного покрова в конце зимы более равномерное, что показывают данные на примере профиля длиной 0,6 км, замеры произведены через 20 м, заложенного 14.03.2015 г. (рис. 4). Вариации толщины снежного покрова находились в пределах 55–68 см в зависимости от сомкнутости крон деревьев на ровных участках до 70–80 см в мелких депрессиях с разреженным древостоем.

Расчеты снеготопливого запаса показывают, что они значительно отличаются в пределах пашни, примером может служить карта снеготопливого запаса за год (см. рис. 5). На основе статистической обработки полевых материалов маршрутных и площадных снеготопливых съемок были определены оценки параметров кривых распределения основных характеристик снежного покрова: толщины, плотности и снеготопливого запаса (табл. 2–4) для разных ключевых участков.

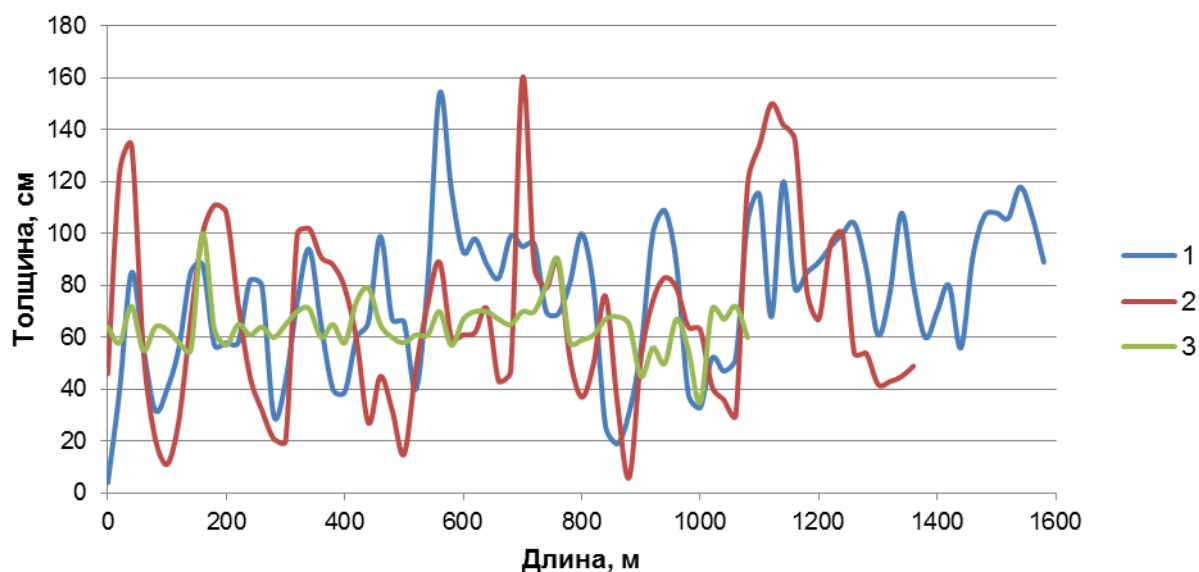


Рис. 4. Изменение толщины снежного покрова на ключевых участках 14.03.2015 г.

1 – северный склон пашни, 2 – южный склон пашни, 3 – кедровый лес

Fig. 4. Change in the thickness of the snow cover in key areas 14.03.2015

1 – the northern slope of arable land, 2 – the southern slope of arable land, 3 – cedar forest

Таблица 2

Оценки параметров кривых распределений толщины, плотности и снегозапаса по материалам наблюдений за 1988–2017 гг.

Table 2

Estimates of the parameters of the curves for the distributions of thickness, density, and snow stock according to the materials of observations for 1988–2017

Ключевые участки – урочища	Характеристики снежного покрова	Средне-многолетние значения	δ , %	C_v	δ_{C_v} , %	C_s	C_s/C_v	$r(1)$
Кедровый лес	H_{cp} , см	58	3,10	0,17	13,1	-1,0	-5,9	0,09
	ρ_{cp} , г/см ³	0,21	1,33	0,07	12,9	-0,49	-6,7	-0,02
	S_{cp} , мм	124	3,65	0,20	13,2	-0,65	-3,3	-0,14
Поле (пашня) склон южной экспозиции	H_{cp} , см	53	4,19	0,22	13,2	0,23	1,0	-0,27
	ρ_{cp} , г/см ³	0,27	2,04	0,11	13,0	0,09	1,0	0,03
	S_{cp} , мм	142	4,87	0,27	13,4	-0,38	-1,4	-0,12
Поле (пашня) склон северной экспозиции	H_{cp} , см	57	5,29	0,29	13,4	-0,73	-2,5	0,25
	ρ_{cp} , г/см ³	0,27	1,95	0,11	13,0	-0,08	-0,8	0,19
	S_{cp} , мм	153	5,70	0,31	13,5	-0,94	-3,0	0,22
Распаханная ложбина склон южной экспозиции	H_{cp} , см	38	5,89	0,32	13,6	0,24	0,73	0,02
	ρ_{cp} , г/см ³	0,27	1,71	0,09	13,0	-0,29	-3,1	0,03
	S_{cp} , мм	104	5,69	0,31	13,5	0,14	0,45	0,06

Примечание: H_{cp} – средняя толщина снежного покрова, см; ρ_{cp} – среднеемноголетняя плотность снега, г/см³; S_{cp} – среднеемноголетний снегозапас, мм; C_v и C_s – коэффициент вариации и асимметрии рядов значений: толщины, плотности и снегозапаса; C_s/C_v – соотношение коэффициентов асимметрии и вариации; $r(1)$ – коэффициент авторегрессии в рядах: толщины, плотности и снегозапаса.

Note: H_{cp} – average thickness of the snow cover in cm; ρ_{cp} – average annual snow density, g/cm³; S_{cp} – average annual snowfall, mm; C_v and C_s – the coefficient of variation and asymmetry of the series of values: thickness, density and snow storage; C_s/C_v is the ratio of the coefficients of asymmetry and variation, $r(1)$ is the coefficient of autoregression in the series: thickness, density and snow storage.

Таблица 3

Обеспеченные значения толщины, плотности и снегозапаса по материалам наблюдений за 1988–2017 гг.

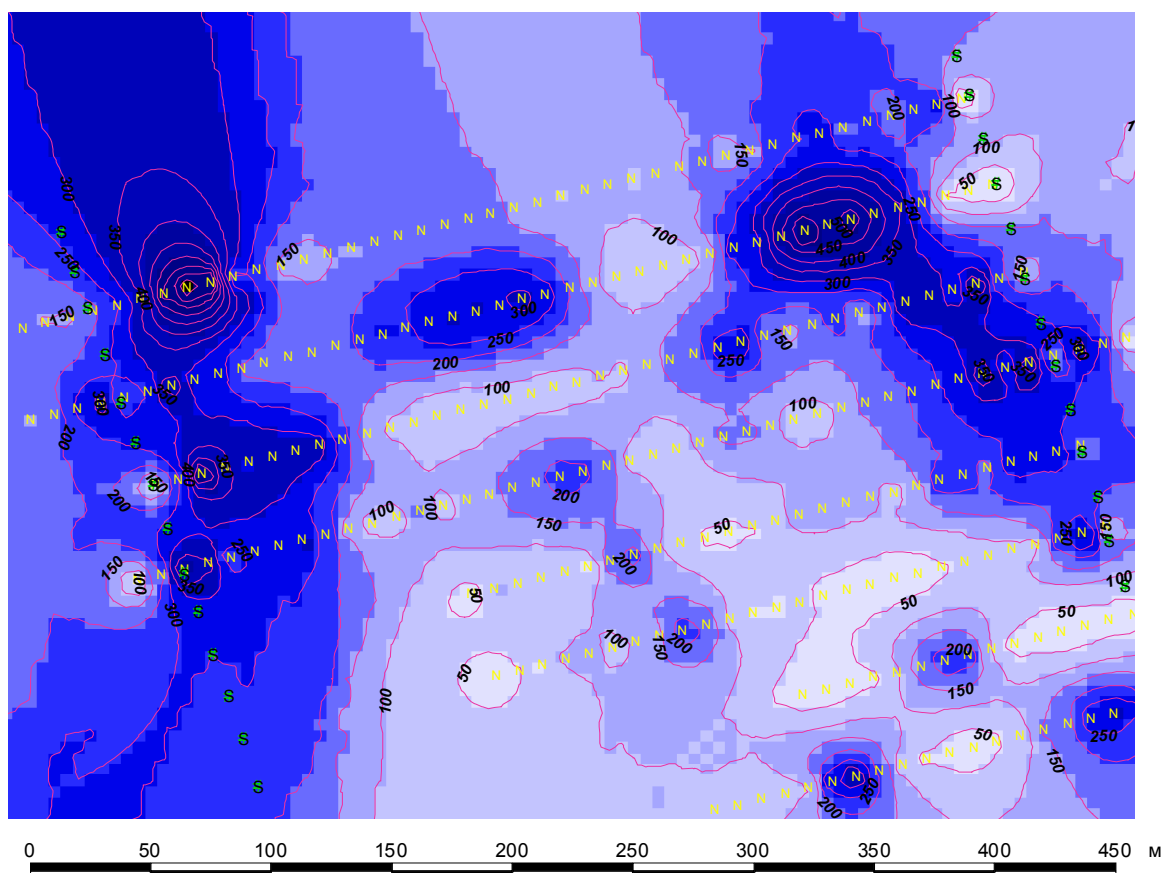
Table 3

The provided values of thickness, density and snow reserves according to the observations made in 1988–2017

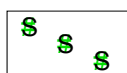
Ключевые участки – урочища	Характеристики снежного покрова	Средне-многолетние значения	Значения характеристик снежного покрова заданной обеспеченности						
			0,5%	1%	5%	10%	20%	25%	50%
Кедровый лес	H_{cp} , см	58	87	84	75	71	66	64	57
	ρ , г/см ³	0,21	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21
	S_{cp} , мм	1,24	197	188	167	156	144	140	123
Поле (пашня) склон южный экспозиции	H_{cp} , см	53	85	83	73	69	63	60	52
	ρ , г/см ³	0,27	0,36	0,35	0,32	0,31	0,30	0,29	0,27
	S_{cp} , мм	142	267	250	210	187	170	165	138
Поле (пашня) склон северный экспозиции	H_{cp} , см	57	109	103	87	79	70	66	55
	ρ , г/см ³	0,27	0,36	0,35	0,32	0,31	0,30	0,29	0,27
	S_{cp} , мм	153	300	285	242	217	193	182	148
Распаханная ложбина склон южной экспозиции	H_{cp} , см	38	75	70	60	54	48	46	36
	ρ , г/см ³	0,27	0,35	0,34	0,32	0,31	0,30	0,29	0,27
	S_{cp} , мм	104	204	193	164	148	131	124	101

Примечание: H_{cp} – средняя толщина снежного покрова, см; C_v – коэффициент изменчивости толщины снежного покрова по маршруту; ρ – плотность снега, г/см³; S_{cp} – снегозапас это запас воды в снежном покрове в конце зимы перед снеготаянием, мм.

Note: H_{cp} – average thickness of the snow cover in cm; C_v – coefficient of variability of snow cover thickness along the route; ρ – density of snow, g/cm³; S_{cp} – snow storage is a reserve of water in the snow cover at the end of winter before snowmelt, mm.



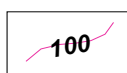
Условные обозначения:



Лесополоса



Точки измерения высоты
снежного покрова



Изолинии запаса воды в снеге,
проведены через 50 мм

Влагозапас, мм

0 - 50
50 - 100
100 - 150
150 - 200
200 - 250
250 - 300
300 - 400
400 - 500
500 - 710

Рис. 5. Распределение запасов воды в снеге на одном из полевых участков по данным наблюдений Лучановского полустационара в 2002 г. [Кнауб, 2006]

Fig. 5. Distribution of water reserves in snow on one of the field sites according to the observations of Lucanovskiy half-station in 2002 [Knaub, 2006]

Предварительно ряды наблюдений проверялись на однородность по параметрическим критериям Фишера и Стьюдента при 5 %-м уровне значимости. Ряды наблюдений по условиям формирования снежного покрова однородны. Коэффициент вариации толщины снежного покрова в кедровом лесу, определенный за 30-летний период, равен 0,17. Это в 1,3–1,9 раза меньше коэффициентов вариации толщины СП, определенных за тот же период на полевых участках

разной экспозиции склонов. Коэффициент автокорреляции незначителен, кроме коэффициента ряда толщины СП для поля южного склона, равного 0,27.

Относительные среднеквадратические ошибки параметров кривых распределений толщины, плотности и снегозапаса, определенных за многолетний период (1988–2017 гг.) для ключевых участков, зависящие от коэффициента вариации и продолжительности ряда наблюдений, представлены в табл. 2.

Для среднемноголетних значений ошибки составляют $\pm(1,33-5,89\%)$, относительные среднеквадратические ошибки коэффициента вариации находятся в пределах от $\pm 13,6\%$.

Полученные параметры кривых распределений использовались для определения обеспеченных значений основных характеристик снежного покрова (см. табл. 3). Полученные значения характеристик снежного покрова заданной обеспеченности можно использовать для решения многих практических задач.

Для полевых участков наблюдается явная закономерность в колебаниях коэффициентов вариации пространственного снегонакопления. Так, в малоснежные зимы коэффициенты вариации в 1,5–2,0 раза и более превышают таковые в многоснежные (табл. 4).

Значения коэффициентов вариации колеблются в диапазоне от 0,21 (2017 г.) до 0,62 (1993 г.) при среднем многолетнем 0,22. На полях (склонах северной и южной экспозиций) толщина СП в разные по снежности зимы варьирует от 31 (2012 г.) до 80 см (2017 г.) при среднемноголетнем от 53 до 57 см; запасы влаги в снеге изменяются от 67 (2012 г.) до 220 мм (2017 г.) при среднем многолетнем, соответственно, 142 и 153 мм. Значения коэффициентов вариации колеблются в диапазоне от 0,21 (2017 г.) до 0,62 (1993 г.) при среднем многолетнем 0,22–0,29.

Формирование снежного покрова и его сход в разных урочищах весной происходят одновременно: вначале снег сходит на склонах южной экспозиции, затем – северных, позднее – в депрессиях и у лесополос и лишь потом в кедровом лесу.

Таблица 4

Основные характеристики снежного покрова в разные по снежности годы на ключевых участках

Table 4

The main characteristics of the snow cover in different years in snow conditions in key areas

Ключевые участки – урочища	H_{cp} , см	C_v	ρ , г/см ³	S_{cp} , мм
Многоснежная зима 2016–2017 г.				
Кедровый лес	67	0,13	0,23	145
Поле (пашня) склон южной экспозиции	70	0,52	0,27	191
Поле (пашня) склон северной экспозиции	81	0,21	0,27	220
Распаханная ложбина склон южной экспозиции	43	0,62	0,27	116
Малоснежная зима 2011–2012 г.				
Кедровый лес	27	0,18	0,19	51
Поле (пашня) склон южной экспозиции	31	0,36	0,21	67
Поле (пашня) склон северной экспозиции	32	0,49	0,21	67
Распаханная ложбина склон южной экспозиции	31	0,34	0,21	65
Среднеснежная зима 1992–1993 г.				
Кедровый лес	63	0,18	0,23	146
Поле (пашня) склон южной экспозиции	55	0,62	0,30	164
Поле (пашня) склон северной экспозиции	54	0,51	0,30	162
Распаханная ложбина склон южной экспозиции	32	0,73	0,30	97

Примечание: H_{cp} – средняя толщина снежного покрова, см; C_v – коэффициент изменчивости толщины снежного покрова по маршруту; ρ – плотность снега, г/см³; S_{cp} – снегозапас это запас воды в снежном покрове в конце зимы перед снеготаянием, мм.

Note: H_{cp} – average thickness of the snow cover in cm; C_v – coefficient of variability of snow cover thickness along the route; ρ – density of snow, g/cm³; S_{cp} – snow storage is a reserve of water in the snow cover at the end of winter before snowmelt, mm.

Выводы

Сравнительный анализ основных характеристик снежного покрова (толщины, плотности и снегозапаса) в пределах бассейна р. Басандайка за 30-летний период позволил выявить ряд фактов:

- толщина снежного покрова в кедровом лесу в разные по снежности годы изменяется от 27 до 72 см, составляя в среднем 58 см; распределение толщины СП в кедровом лесу достаточно равномерное;

- плотность снежного покрова, определенная в лесном массиве, варьирует от 0,19 до 0,24 г/см³, в среднем 0,21 г/см³;

- толщина снежного покрова на пашне в зависимости от микрорельефа изменяется от 0–20 до 80–100 см, составляя в среднем 55 см, но у лесополос и в облесенных депрессиях достигает 180–240 см;

- плотность снежного покрова, определенная на открытых полевых участках на момент максимального снегонакопления за зиму, варьирует в пределах 0,21–0,32 г/см³, в среднем составляет 0,27 г/см³, но в отдельных точках южных склонов – до 0,40 г/см³;

- снегозапас в разные по снежности годы изменяется от 58 до 220 мм; в среднем от 142 до 157 мм; отмечается неравномерность снегозапаса в зависимости от микрорельефа и растительности;

– неравномерность снегозапаса на пашне приводит к различиям в проявлении эрозии почв по площади: наибольший смыл почв наблюдается на склонах южной экспозиции крутизной 3–5° и более, а также у лесополос. Таяние сугробов у лесополос приводит к образованию промоин глубиной до 1,3 м за короткий промежуток времени (3–5 сут);

– относительные среднеквадратические ошибки расчета толщины, плотности и снегозапаса СП, определенные за многолетний период (1988–2017 гг.) для ключе-

вых участков и зависящие от коэффициента вариации и продолжительности ряда наблюдений, не превышают допустимого значения: 1,3–5,7 %. Относительные среднеквадратические ошибки коэффициента вариации колеблются в допустимых пределах: 12,9–13,6 %;

– используя метод тренд-анализа для исследования динамики основных характеристик снежного покрова, в поле графиков толщины и снегозапаса для всех урочищ наблюдается незначительная положительная динамика роста.

ЛИТЕРАТУРА

- Бутюгин В.В.** Инженерная геодинамика снега. Норильский район. СПб. : ГУАП, 2008. 200 с.
- География** снежного покрова / отв. ред. Г.Д. Рихтер. М. : Изд-во АН СССР, 1960. 224 с.
- Горбатенко В.П.** Характеристика снежного покрова на юго-востоке Западной Сибири // Экология северных территорий. Новосибирск : ЗАО ИПП «Офсет», 2012. С. 53–60.
- Евсеева Н.С., Петров А.И., Кузевская И.В., Харанжевская Ю.А.** Характеристика снежного покрова Томской области // География и природопользование Сибири. Барнаул : Изд-во Алт. гос. ун-та, 2016. С. 56–70.
- Евсеева Н.С., Квасникова З.Н.** Интенсивность и цикличность проявления эоловых процессов в агроландшафтах зоны подтайги бассейна Нижней Томи (Западная Сибирь) // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 397. С. 233–239.
- Дерюгин А.А.** Снежный покров на малых лесных и полевых водосборах в таежной зоне Европейской территории СССР // Метеорология и гидрология. 1990. № 1. С. 111–115.
- Журавлев Г.Г.** Динамика метелей Томской области в современный период // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 369. С. 181–187.
- Инженерная** геодинамика территории России / под ред. В.Т. Трофимова, Э.В. Калинина. М. : Издательский дом КДУ, 2013. 816 с.
- Кнауб Р.В.** Географический анализ факторов поверхностного смыва и оценка современной эрозии на пахотных землях Томь-Яйского междуречья в пределах Томской области : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 2006. 19 с.
- Коломыц Э.Г.** Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем. М. : Наука, 2008. 427 с.
- Коломыц Э.Г.** Теория эволюции в структурном снеговедении. М. : ГЕОС, 2013. 482 с.
- Котляков В.М.** Значение снежного покрова в природе планеты и жизни человеческого общества // Экология северных территорий. Материалы международного конгресса 17–20 января 2013 г. Новосибирск : ЗАО ИПП «Офсет», 2012. С. 17–21.
- Кренке А.Н., Китаев Д.М., Турков Д.В.** Изменения снежного покрова и их климатическая роль // Криосфера Земли. 1997. Т. 1. С. 39–46.
- Магрицкий Д.В.** Речной сток и гидрологические расчеты: практические работы с выполнением при помощи компьютерных программ. М. : Триумф, 2014. 184 с.
- Рихтер Г.Д.** Роль снежного покрова в физико-географическом процессе // Труды Института географии АН СССР. М. ; Л. : 1948. Т. 40. 171 с.
- Снег.** Справочник / под ред. Д.М. Грея, Д.Х. Мейла ; пер. с англ. Л. : Гидрометеиздат, 1986. 752 с.
- Трофимова И.Е., Балыбина А.С.** Классификация климатов и климатическое районирование Западно-Сибирской равнины // География и природные ресурсы. 2014. № 2. С. 11–21.
- Шмакин А.Б.** Климатические характеристики снежного покрова Северной Евразии и их изменения в последние десятилетия // Лед и снег. 2010. № 1 (109). С. 43–57.
- Шутов В.А.** Распределение запасов воды в снежном покрове на водосборах лесной зоны // Метеорология и гидрология. 1994. № 9. С. 85–93.
- Авторы:**
- Евсеева Нина Степановна**, доктор географических наук, профессор, заведующая кафедрой географии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия. E-mail: geography@ggf.tsu.ru
- Петров Анатолий Иванович**, старший преподаватель, кафедра гидрологии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.
- Каширо Маргарита Александровна**, кандидат географических наук, доцент, кафедра географии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.
- Квасникова Зоя Николаевна**, кандидат географических наук, доцент, кафедра географии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия. E-mail: zojkwas@rambler.ru
- Батманова Антонина Сергеевна**, старший лаборант, кафедра географии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.
- Хон Алексей Валерьевич**, кандидат географических наук, инженер, кафедра географии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, младший научный сотрудник, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия.

N.S. Evseeva¹, A.I. Petrov¹, M.A. Kashiro¹, Z.N. Kvasnikova¹, A.S. Batmanova¹, A.V. Khon^{1,2}¹ National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia² Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia

INFLUENCE OF THE RELIEF AND VEGETATION ON THE DISTRIBUTION OF THE SNOW COVER IN THE POOLS OF SMALL RIVERS

The snow covering in the cold time of the year almost the fourth part of our planet, exerts the great influence on the variety of processes, including the vital activity of organisms: temperature regime, depth of freezing and the degree of soil moisture; the formation of spring runoff of rivers, the activity of geomorphological processes and so on. Besides, in modern conditions of the changing climate the snow cover is one of the most sensitive indicators of the cold season. Characteristics of the snow cover depend on the climate changes and also in many respects define these changes.

The majority of research works, analyzing the spatial variability of quantitative indicators of the snow cover, are based on the observation data for the hydrometeorological networks and enclose watershed territories with areas of hundreds and thousands square kilometers. The investigation of local influences on peculiarities of the snow cover formation remains actual in new aspects: modeling of the forest water intake runoff, regulation of snow storings and snowmelt runoffs with the use of forestry events, the authentic interpretation of the results of the aerospace survey and others.

The article considers the influence of the relief and vegetation on the snow cover distribution in small river basins of the subtaiga zone of the south-east of the West-Siberian plain (within Tomsk region).

The comparative analysis of the basic characteristics of the snow cover was accomplished with the use of materials of the landscape-route snow survey in the cedar forest and arable land in the basin of the Basandayka river over a 30-year period. The results of the analyses permit the following conclusions to be made: 1) the thickness of snowcover in the cedar forest varies between 27 and 72 cm averaging 58 cm, and on the arable land from 0 to 240 cm with 53 cm in average; 2) the snow cover density in the cedar forest varies from 0.19 to 0.24 g/cm³ on the average 0.21 g/cm³, and from 0.21 to 0.32 g/cm³ on the arable land with 0.27 g/cm³ in average; 3) the snow storage changes from 58 to 220 mm, in the average from 142 to 157 mm.

The considerable irregularity in the snow cover distribution, depending on the snowdrift transport, microrelief and vegetation on the investigated territory, influences on processes of forming snowmelt runoff, water erosion development and deflation soils.

Consequently, in the course of the long-term research the data are obtained, concerning the snow cover density, thickness, and snow storage on the inter-streams, in the basins of small rivers, and so the significant contributions are made as to the investigation of the snow accumulation during winters in the interstreams, in the basins of small rivers.

Keywords: thickness, snow cover density, relief, vegetation, wind storms, key area, subtaiga zone.

References

- Butyugin V.V. *Inzhenernaya geodinamika snega. Noril'skii raion* [Engineering geodynamics of snow. Norilsk Region]. St.Peterburg: GUAP, 2008. 200 p. In Russian
- Geografiya snezhnogo pokrova* [Geography of the snow cover] / ed. by G.D. Rikhter. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1960. 224 p. In Russian
- Gorbatenko V.P. *Kharakteristika snezhnogo pokrova na yugo-vostoke Zapadnoi Sibiri* [Characteristics of the snow cover on the south-east of Western Siberia] // The ecology of northern territories. Novosibirsk: «Ofset». 2012. pp. 53–60. In Russian
- Yevseyeva N.S., Petrov A.I., Kuzhevskaya I.V., Kharanzhevskaya Yu.A. *Kharakteristika snezhnogo pokrova Tomskoi oblasti* [The characteristics of the snow cover of the Tomsk area] // Geography and the natural resource use in Siberia. Barnaul: Altay State University Publ. 2016. pp. 56–70. In Russian
- Yevseyeva N.S., Kvasnikova Z.N. *Intensivnost' i tsiklichnost' proyavleniya eolovykh protsessov v agrolandshaftakh zony podtaigi basseina Nizhnei Tomi (Zapadnaya Sibir')* [Intensity and cyclicity of manifestation of the aeolian processes in agrolandscapes of the subtaiga zone in the Lower Tom' basin (Western Siberia)] // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 397. pp. 233–239. In Russian
- Deryugin A.A. *Snezhnyi pokrov na mal'kikh lesnykh i polevykh vodosborakh v taizhnoi zone Evropeiskoi territorii SSSR* [The snow cover on the small-size forest and field basins in the taiga zone of the USSR European part] // Meteorology and hydrology. 1990. № 1. pp. 111–115. In Russian
- Zhuravlev G.G. *Dinamika metelei Tomskoi oblasti v sovremennyy period* [The snow storm dynamics in the Tomsk region at the up-to-day period] // Vestnik Tomskogo universiteta. 2013. № 369. pp. 181–187. In Russian
- Inzhenernaya geodinamika territorii Rossii* [Engineering geodynamics of the Russia territory] / ed. by V.T. Trofimov and E.V. Kalinin. Moscow: Publishing House KDU, 2013. 816 p. In Russian
- Knaub R.V. *Geograficheskii analiz faktorov poverkhnostnogo smyva i otsenka sovremennoi erozii na pakhotnykh zemlyakh Tom'-Yaiskogo mezhdurech'ya v predelakh Tomskoi oblasti* [Geographical analysis of the factors of surface washout and assessment of the current erosion on cropland Tom-Yaya interfluvium within the Tomsk oblast. Doct. Diss]. Tomsk. 2006. 19 p. In Russian
- Kolomitc E.G. *Lokal'nye mekhanizmy global'nykh izmenenii prirodn'kh ekosistem* [Local mechanisms of the global changes in the natural ecosystems]. Moscow: Nauka, 2008. 427 p. In Russian
- Kolomitc E.G. *Teoriya evolyutsii v strukturnom snegovedeni*. [The theory of evolution in the structural snow studies]. Moscow: GEOS, 2013. 482 p. In Russian

Kotliakov V.M. *Znachenie snezhnogo pokrova v prirode planety i zhizni chelovecheskogo obshchestva* [The value of the snow cover in the nature of the planet and human life] // *Ekologiya severnykh territorii. Materialy mezhdunarodnogo kongressa 17-20 yanvarya 2013.* Novosibirsk: «Ofset», 2012. pp. 17–21. In Russian

Krenke A.N., Kitayev D.M., Turkov D.V. *Izmeneniya snezhnogo pokrova i ikh klimaticheskaya rol'* [Changes in the snow cover and their climatic role] // *Cryosphere of the Earth, 1997.* V. 1. pp. 39–46. In Russian

Magritskiy D.V. *Rechnoi stok i gidrologicheskie raschety: prakticheskie raboty s vypolneniem pri pomoshchi komp'yuternykh programm* [The river runoff and hydrologic calculations: practical works with the assistance of computer programs]. Moscow: "Triumph", 2014. 184 p. In Russian

Rikhter G.D. *Rol' snezhnogo pokrova v fiziko-geograficheskom protsesse* [The snow cover role in the physico-geographic process] // *Tr. in-ta geografii AN SSSR.* V. 40. Moscow-Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1948. 171 p. In Russian

Snow. Reference book / ed by D.M. Grey, D.Kh. Meyl. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986. 752 p.

Trophimova I.E., Balybina A.C. *Klassifikatsiya klimatov i klimaticheskoe raionirovanie Zapadno-Sibirskoi ravniny* [Classification of climates and the climatic zoning of West-Siberian plain] // *Geografiya i prirodnye resursy.* 2014. № 2. pp. 11–21. In Russian

Shmakina A.B. *Klimaticheskie kharakteristiki snezhnogo pokrova Severnoi Evrazii i ikh izmeneniya v poslednie desyatiletia* [Climatic characteristics of the snow cover in Northern Eurasian and their changes during the latest decades] // *Led i sneg.* 2010. № 1 (109). pp. 43–57. In Russian

Shutov V.A. *Raspredelenie zapasov vody v snezhnom pokrove na vodosborakh lesnoi zony* [Distribution of water storages in the snow cover on watersheds of the forest zone] // *Meteorology and hydrology.* 1994. № 9. pp. 85–93. In Russian

Authors:

Evseyeva Nina S., Dr. Sci. (Geogr.), Professor, Head of the Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: geography@ggf.tsu.ru

Petrov Anatoliy I., Senior Lecturer, Department of Hydrology Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

Kashiro Margarita A., Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

Kvasnikova Zoya N., Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia. E-mail: zoykwas@rambler.ru

Batmanova Antonina S., Senior Laboratory Assistant, Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

Khon Aleksey V., Cand. Sci. (Geogr.), Engineer, Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Junior Researcher, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia.