

**Н.С. Евсева<sup>1</sup>, А.И. Петров<sup>1</sup>, А.В. Хон<sup>1,2</sup>, М.А. Каширо<sup>1</sup>, О.В. Носырева<sup>1</sup>,  
З.Н. Квасникова<sup>1</sup>, К.В. Никитин<sup>1</sup>, А.В. Десятников<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск (Россия)

<sup>2</sup>Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск (Россия)

### **О ФОРМИРОВАНИИ И АБЛЯЦИИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА ПО ДАННЫМ ЛОКАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**

*Аннотация.* В работе по данным ежегодных полевых измерений снежного покрова с 1988 по 2020 гг. в бассейне р. Басандайка рассмотрена динамика основных его характеристик (толщины, плотности и запаса воды в снеге) во времени и в пространстве. Так, например, отклонение относительно среднего значения за указанный период в сторону максимальных значений составляет 20%, а минимальные значения меньше средних в 2,1 раза (210%). Прослеживается связь пространственных и временных колебаний. Установлено, что в малоснежные зимы увеличивается пространственная неравномерность залегания снежного покрова. Коэффициенты вариации возрастают в 1,5 – 2 раза. Анализ рядов основных характеристик в многолетнем разрезе указывает на тенденцию увеличения значений толщины и запаса воды в снежном покрове на полевых распаханных участках. В многолетнем ряду значений толщины снежного покрова в кедровом лесу отмечается незначительное её уменьшение. Отмечено влияние лесополос на пространственное распределение толщины снежного покрова и запаса влаги в снежном покрове. Максимальное значение толщины наблюдается на расстоянии 5 – 10 м и может превышать средние по профилю значения более чем в два раза. Отражены особенности процесса снеготаяния, определяющие режим поступления талых вод на поверхность почвы.

*Ключевые слова:* снежный покров, толщина, плотность, интенсивность снеготаяния, кедровый лес, влияние лесополос.

**N.S. Evseyeva<sup>1</sup>, A.I. Petrov<sup>1</sup>, A.V. Khon<sup>1,2</sup>, M.A. Kashiro<sup>1</sup>, O.V. Nosyreva<sup>1</sup>,  
Z.N. Kvasnikova<sup>1</sup>, K.V. Nikitin<sup>1</sup>, A.V. Desjatnikov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>National Research Tomsk State University, Tomsk (Russia)

<sup>2</sup>Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk (Russia)

### **ON THE FORMATION AND ABLATION OF SNOW COVER UNDER A CHANGING CLIMATE ACCORDING TO LOCAL OBSERVATION DATA**

*Abstract.* In work on the data of annual field measurements of snow cover from 1988 to 2020 in the basin of the Basandayka river considered the dynamics of its main characteristics (thickness, density and water supply in the snow) in time and space. So, for example, the deviation from the average value for the specified period towards the maximum values is 20%, and the minimum values are 2.1 times less than the average (210%). The connection between spatial and temporal fluctuations is traced.

tuations is traced. It has been established that in winters with little snow, the spatial unevenness of the occurrence of the snow cover increases. The coefficients of variation increase 1.5 to 2 times. The analysis of the series of the main characteristics in the long-term section indicates a tendency to an increase in the values of the thickness and water supply in the snow cover in the field plowed areas. In the long-term series of values of the thickness of the snow cover in the cedar forest, a slight decrease is noted. The influence of forest belts on the spatial distribution of the thickness of the snow cover and the moisture reserve in the snow cover is noted. The maximum value of the thickness is observed at a distance of 5 - 10 m and can exceed the average values along the profile by more than two times. The features of the process of snow melting, which determine the mode of flow of melt water to the soil surface, are reflected.

*Keywords:* snow cover, thickness, density, intensity of snow melting, cedar forest, influence of forest belts.

## **Введение**

Снежный покров (СП) – одно из самых крупных сезонных природных явлений в умеренных и полярных широтах Северного полушария. Формирование снежного покрова обуславливается общей циркуляцией атмосферы, географической зональностью, рельефом земной поверхности и растительностью. Снежный покров оказывает огромное влияние на погодные условия, термический режим почв, а также на формирование и условия функционирования ландшафтов. Наличие и пространственное распределение снежного покрова является активным фактором формирования речного стока, развития ряда процессов рельефообразования, оказывает большое влияние на жизнь растений и животных, питания ледников. Процессы метаморфизма в снежном покрове в горных странах ведут к появлению особого, метаморфического типа льда, способного к вязкопластическому течению. Толщина снежного покрова и продолжительность его залегания имеют социальное и экономическое значение. Вследствие вышесказанного изучением снежного покрова занимаются ученые многих стран мира: США, Японии, Канады, Норвегии, Италии и др., в том числе и в России [1; 7; 8; 9; 10; 12; 13; 14; 15; 16; 17 и др.]. Это связано с совершенствованием методов прогнозирования весеннего стока рек, методов снегомерных съёмок, оценки лавинной опасности, физико-механических свойств снега и снеготаяния, вопросов снегозащиты и др.

Исследование снега и снежного покрова производится в разных масштабах – глобальном, региональном и локальном различными методами, в том числе и с использованием моделирования [11; 12; 13; 16; 17]. Но до настоящего времени не решены некоторые проблемы, связанные с применением ряда методов. Например, для представления снежного покрова используются различные подходы для регионального, глобального и локального масштабов моделирования [13; 14; 15; 16]. Это связано с временными и пространственными масштабами, а также с научными и прикладными задачами, стоящими перед исследователями. Не касаясь глобального и регионального масштабов изучения снежного покрова, остановимся на локальном.

При моделировании снежного покрова в названном масштабе, например, предполагая термическое сопротивление снежной толщине преимущественно определяемое пространственными различиями в толщине снежного покрова (СП), необходимо укрупнение масштаба результатов климатического моделирования и наложение их на цифровую модель рельефа.

Комбинация двух названных моделей разрабатывается [8; 12; 13; 15; 17], и она потребует проверки фактическими данными. Такой проверкой являются, на наш взгляд, данные снегосъёмки в микромасштабе в разных геосистемах.

### Ключевые участки и методы

В представляемой работе авторами показана вариативность ряда характеристик снежного покрова (толщины, плотности, запаса воды в снеге, интенсивности снеготаяния, длительности залегания) на основе снегосъёмок в микромасштабе (замеры толщины снежного покрова через 5 – 20 м в зависимости от микрорельефа) в течение 1988 – 2020 годов на ключевом участке полигона «Лучаново» в 20 км на юго-восток от г. Томска (рис. 1). Полигон расположен на правом берегу бассейна р. Басандайка в пределах водораздельной равнины с абсолютными высотами 120–160 м и относительными – 0,2 – 25 м. Рельеф участка является типичным для Томь-Яйского междуречья в пределах Томской области. Большую часть территории полигона занимают агроландшафты (более 54 га), расположенные на приводораздельных поверхностях и склонах междуречья. Крутизна склонов изменяется от 0 – 1° до 5 – 7°, местами более. Склоны пашни расчленены ложбинами глубиной 1–3 м, потяжинами (0,3 – 1,0 м); на плакорах наблюдаются овальные понижения глубиной от 0,3 до 3,0 м суффозионно-нивационно-просадочного генезиса. На пашне на расстоянии около 400 м друг от друга расположены лесополосы. Древорост в них представлен сосной и березой, с востока пахотные земли окружает массив кедрового леса.

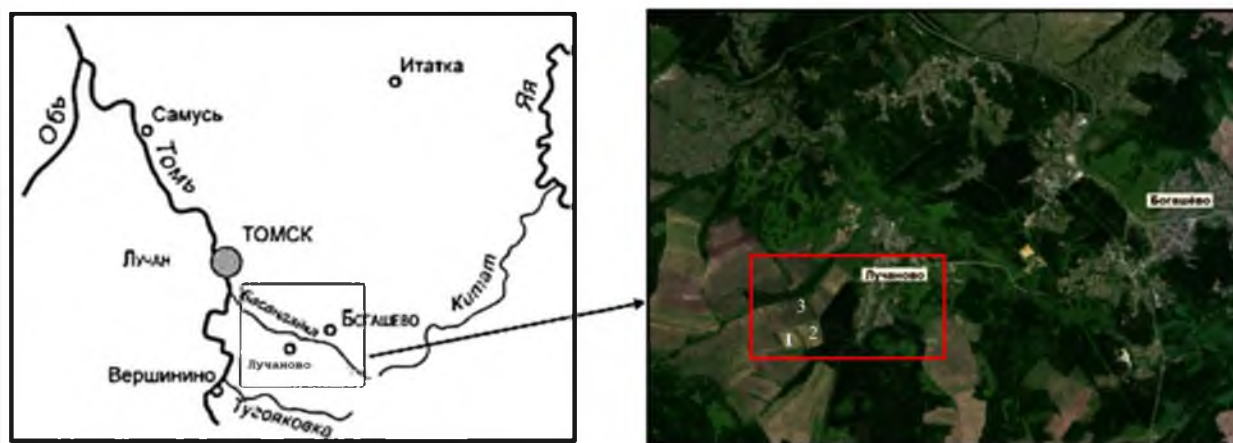


Рис. 1. Схема размещения ключевых участков на полигоне «Лучаново». Красным прямоугольником показана область, содержащая ключевые участки №1, №2 и №3, а также кедровый лес, который находится в центре прямоугольной области.

### Результаты исследования

Средняя дата залегания устойчивого снежного покрова по данным станции Томск приходится на 26 октября, самая поздняя дата – 21 ноября (2006 г.). Средняя продолжительность залегания СП составляет 177 дней.

За 33-летний период наблюдений выявлена значительная вариативность снежности зим, толщины, запасов влаги в СП на склонах пашни северной, южной экспозиции и в кедро-

вом лесу, толщины сугробов в депрессиях рельефа и у лесополос и длительности их существования. Уделено внимание микрорельефу поверхности (СП), который формируется в результате метелевого переноса. Из всего периода наблюдений с 1988 по 2020 гг. многоснежными, превышающими по толщине и влагозапасам относительно их среднееголетнего значения, были зимы: 2006–2007, 2009–2010, 2012–2013, 2014–2015 и 2016–17 гг., а малоснежными – зимы: 1989–1990, 1995–1996 и 2011–2012 гг. (рис. 2). Толщина снежного покрова в кедровом лесу в среднем за многолетний период составила 58 см. Для распаханых полей эта величина составила от 53 см на склонах южной экспозиции до 57 см на склонах северной экспозиции. На наветренном южном склоне в границах поля №1 в соответствии с рельефом отчетливо выделяется малый полевой водосбор площадью около 8 га. В его пределах среднееголетняя толщина СП составила 39 см, что в 1,4 раза меньше, чем на южных склонах в целом, и в 1,5 раза меньше, чем в кедровом лесу.

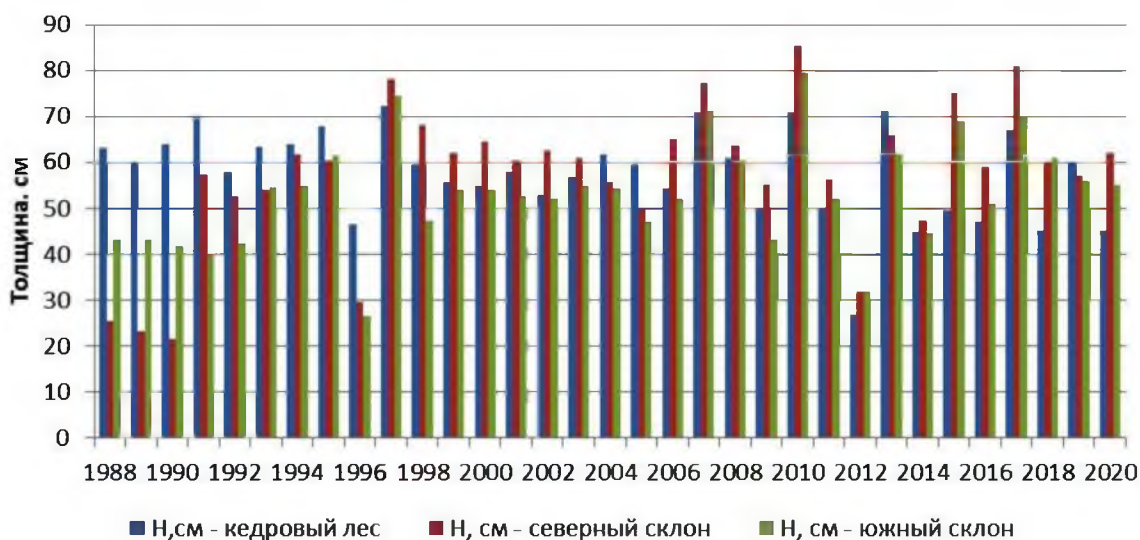


Рис. 2. Динамика толщины снежного покрова на различных участках полигона «Лучаново» за 1988-2020 гг.

Как видно из рис. 2, наибольшая толщина СП на изучаемом полигоне наблюдалась в конце зимы 2009–2010 г. и составила на пашне северного склона 85 см, на южном – 80 см. Наименьшая толщина СП, равная 27 см, в кедровом лесу наблюдалась в 2012 г., что примерно в 2,1 раза меньше среднееголетней, а наибольшая, равная 71 см, наблюдалась в 2010 г., что примерно в 1,2 раза больше среднееголетней, равной 58 см.

В табл. 1 представлены оценки параметров рядов основных характеристик снежного покрова, определенные по материалам ежегодных снегосъемок, проведенных перед началом снеготаяния.

При сравнении данных толщины СП за многолетний период на распаханых полевых участках северного и южного склонов отмечается, что в 78% случаев на распаханном поле северной экспозиции толщина СП выше, чем на склонах пашни южной экспозиции.

Как видно из табл. 1 среднеквадратические ошибки среднееголетних значений рядов толщины, плотности снега и запасов влаги в снежном покрове не превышают 1,34 – 5,30 %. Коэффициенты изменчивости рядов основных характеристик СП колеблется в пределах от 0,08 до 0,30, а их среднеквадратические ошибки не превышают 13,0 %. Среднееголетнее значение плотности СП в кедровом лесу равно 0,21 г/см<sup>3</sup>, а на распаханых полях – 0,27 г/см<sup>3</sup>, но в отдельные годы в некоторых промерных точках на профилях были зафиксиро-

рованы максимальные значения плотности снега от 0,33 до 0,42 г/см<sup>3</sup>. В многолетнем разрезе коэффициент изменчивости плотности колеблется в пределах от 0,08 до 0,11.

Таблица 1. Примеры параметров кривых распределений толщины, плотности и запаса влаги СП, определенные по материалам наблюдений за период с 1988 – 2020 гг.

Ключевые участки – урочища	Характеристики снежного покрова	Средне-многолетние значения	$\delta$ , %	$C_v$	$\delta_{C_v}$ , %	$C_s$	$r(1)$
Кедровый лес	$H_{cp}$ , см	58	2,95	0,17	12,5	-0,84	0,09
	$\rho_{cp}$ , г/см <sup>3</sup>	0,21	1,34	0,08	12,3	-0,0	-0,02
	$S_{cp}$ , мм	123	3,31	0,19	12,5	-0,62	-0,14
Поле (пашня) склон южной экспозиции	$H_{cp}$ , см	53	3,75	0,22	12,6	0,13	-0,27
	$\rho_{cp}$ , г/см <sup>3</sup>	0,27	1,86	0,11	12,4	0,06	0,03
	$S_{cp}$ , мм	144	4,35	0,25	12,7	-0,52	-0,12
Поле (пашня) склон северной экспозиции	$H_{cp}$ , см	57	4,70	0,27	12,7	-0,85	0,25
	$\rho_{cp}$ , г/см <sup>3</sup>	0,27	1,86	0,11	12,4	-0,10	0,19
	$S_{cp}$ , мм	155	5,10	0,29	12,8	-1,10	0,22

Примечание:  $H_{cp}$  – средняя толщина снежного покрова в см;  $\rho_{cp}$  – среднеемноголетняя плотность снега, г/см<sup>3</sup>;  $S_{cp}$  – среднеемноголетний запас влаги в снежном покрове, мм;  $C_v$  и  $C_s$  – коэффициент вариации и асимметрии рядов значений: толщины, плотности и запаса влаги в снежном покрове,  $r(1)$  – коэффициент авторегрессии в рядах: толщины, плотности и запаса влаги в снежном покрове.

Значительные колебания толщины СП за 33-летний период наблюдений характерны для микробассейна ложбины на склоне южной экспозиции, где местами на наветренных склонах и повышениях рельефа пашни в отдельные годы толщина СП равнялась нулю (1990, 1991, 1992, 1994, 1996, 2020 гг. и др.) при среднеемноголетней в 53 см, а наибольшая была зафиксирована у лесополос – 211 см (1998 г.), (рис. 3, синяя линия)

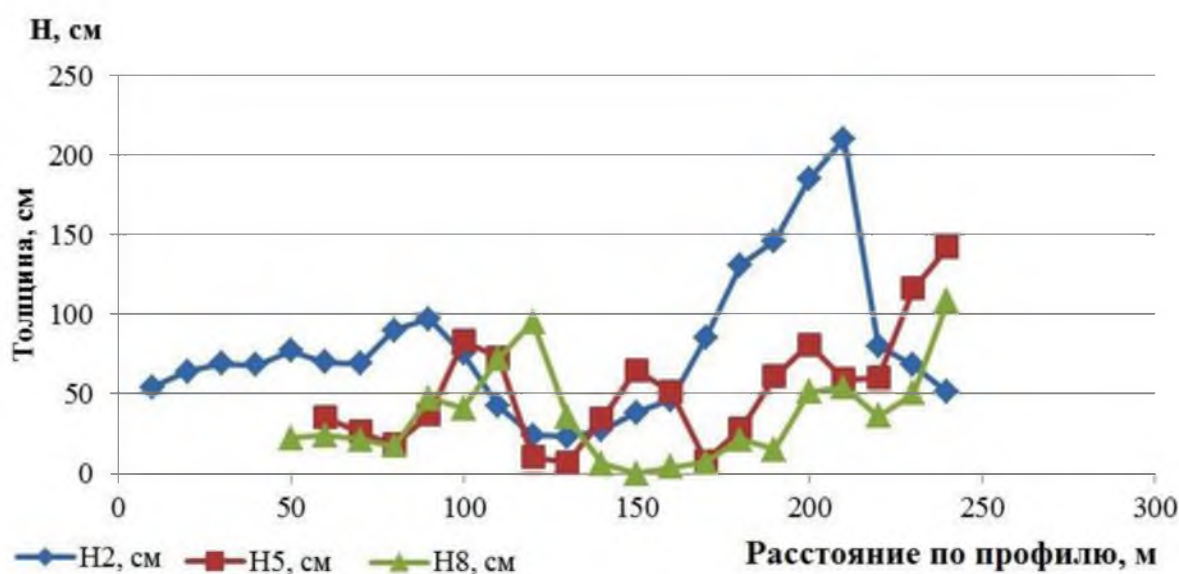


Рис. 3. Изменчивость толщины снежного покрова на профилях на южном склоне поле №1 в конце зимы 1993/94 г. «Лучаново» (фрагмент профилей)

Отмечаются различия в значениях коэффициентов вариации толщины снежного покрова и по длине маршрутов (рис. 3). Среднемноголетнее значение коэффициента вариации толщины СП в кедровом лесу составило 0,14, что в 3–5 раз меньше коэффициентов изменчивости толщины СП на полевых распаханых участках с разной экспозицией склона.

Для полевых участков (пашня) наблюдается явная закономерность в динамике коэффициента вариации СП: в малоснежные зимы коэффициенты вариации в 1,5 – 2,0 раза превышают таковые в многоснежные зимы [4; 9]. Для однородной в физико-географическом отношении территории разница в толщине СП северного и южного склонов связана как с экспозицией склона, так и с метелевым переносом снега, особенностями микрорельефа и сменой агрофона [4]. Плотность СП за 1988–2020 гг. на полевых распаханых участках также выше, чем в кедровом лесу и варьирует в основном от 0,22 до 0,31 г/см<sup>3</sup>. Наибольшие значения плотности снега характерны для возвышенных мест на пашне, где в конце зимы наблюдается наименьшая толщина СП, за счет значительного уплотнения снега в результате влияния метелевого переноса и единичных оттепелей: в разрезах снежной толщи в отдельные годы наблюдалось до 2–7 ледяных прослоек (2020 г.).

Полученные параметры кривых распределений (табл. 1) использовались для определения обеспеченных значений основных характеристик снежного покрова. Так, для кедрового леса толщина СП повторяемостью один раз в 100 лет равна 84 см, для пашни на склонах северной и южной экспозиции соответственно – 109 и 83 см.

Различия в толщине и плотности сказываются и на запасах воды в СП (рис. 4). Так, в ложбине (склон южной экспозиции) запасы влаги в снеге изменялись от 10 мм (1999 г.) до 161 мм (2010 г.) при среднем многолетнем значении в 105 мм.

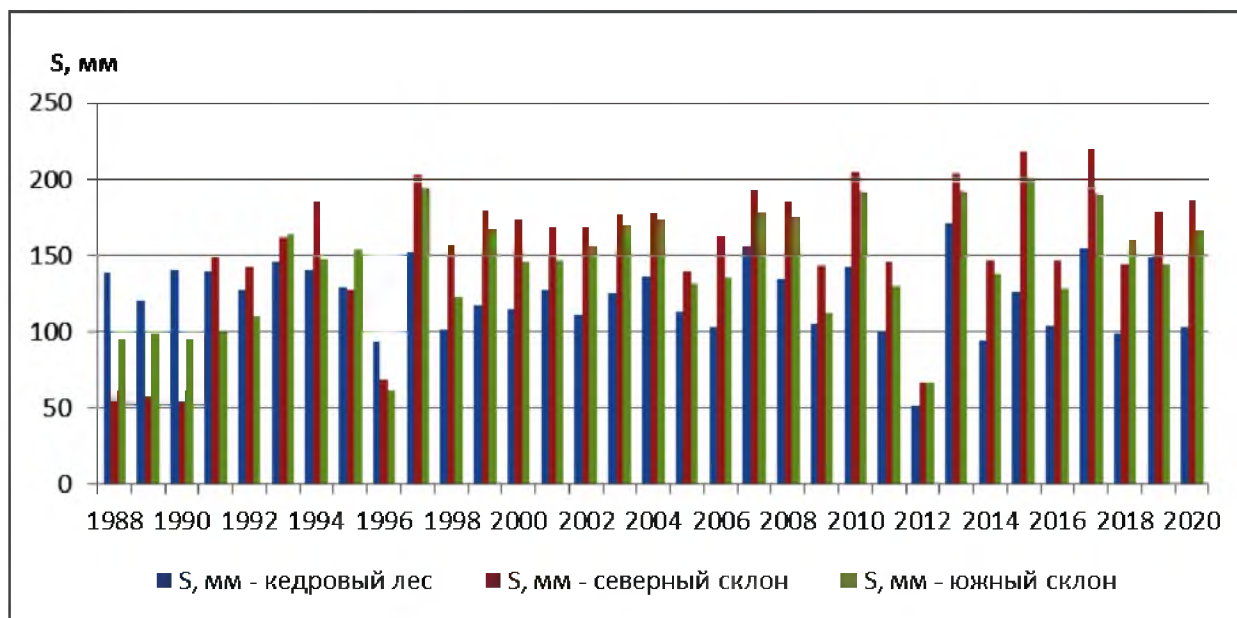


Рис. 4. Динамика запасов влаги в снежном покрове на различных участках полигона «Лучаново» за 1988–2020 гг.

Ежегодные запасы влаги, измеренные за многолетний период в кедровом лесу, варьируют от наименьшего значения, равного 51 мм, в 2012 г. до наибольшей величины, равной 171 мм, в 2013 г. На пашне на склонах северной и южной экспозиций запасы влаги в снеге изменялись, соответственно, от 67 мм в 2012 г. до 220 мм в 2017 г. (на северном склоне) и от 67 мм в 2012 до 200 мм в 2015 г. (на южном склоне), при среднем многолетнем 155 и 144 мм (табл. 1). Значения коэффициента вариации рядов запасов влаги в СП составляют 0,19 – 0,30. Ниже в табл. 2 приведены показатели снежного покрова в характерные по снежности зимы.

Величина запаса воды в снеге той же повторяемости для кедрового леса равна 188 мм, а для пашни на склонах северной и южной экспозиции соответственно – 285 и 250 мм. Различия в запасах влаги на пашне и в кедровом лесу связаны, на наш взгляд, с метелевым переносом на пахотных угодьях большой площади.

Значения коэффициентов вариации рядов ежегодных маршрутных снегосъемок колеблются в диапазоне от 0,31 до 0,62.

Таблица 2. Основные характеристики снежного покрова в разных участках «Лучаново»

Краткое описание ПТК – урочища	$H_{ср}$ , см	$C_V$	$\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Срр, мм	$\frac{H_{макс}}{S_{макс}}$	$\frac{H_{мин}}{S_{мин}}$
Многоснежная зима 2009–2010 гг.						
Кедровый лес	71	0,13	0,20	142	$\frac{97}{199}$	$\frac{26}{137}$
Пологий склон южной экспозиции (поле)	82	0,38	0,24	192	$\frac{195}{468}$	$\frac{13}{31}$
Пологий склон северной экспозиции (поле)	86	0,31	0,24	208	$\frac{151}{363}$	$\frac{36}{86}$
Малоснежная зима 2011–2012 гг.						
Кедровый лес	27	0,18	0,19	51	$\frac{36}{68}$	$\frac{10}{19}$
Пологий склон южной экспозиции (поле)	32	0,36	0,21	67	$\frac{75}{158}$	$\frac{5}{11}$
Пологий склон северной экспозиции (поле)	32	0,46	0,21	67	$\frac{80}{168}$	$\frac{4}{8,4}$

Весьма значительно и влияние на пространственное распределение толщины снежного покрова оказывают лесополосы. Наиболее показательное формирование снегонакопления с наветренной стороны густой лесополосы на поле южной экспозиции. На рис. 5 представлены результаты измерений толщины снежного покрова на 5 маршрутах в нижней части участка №1.

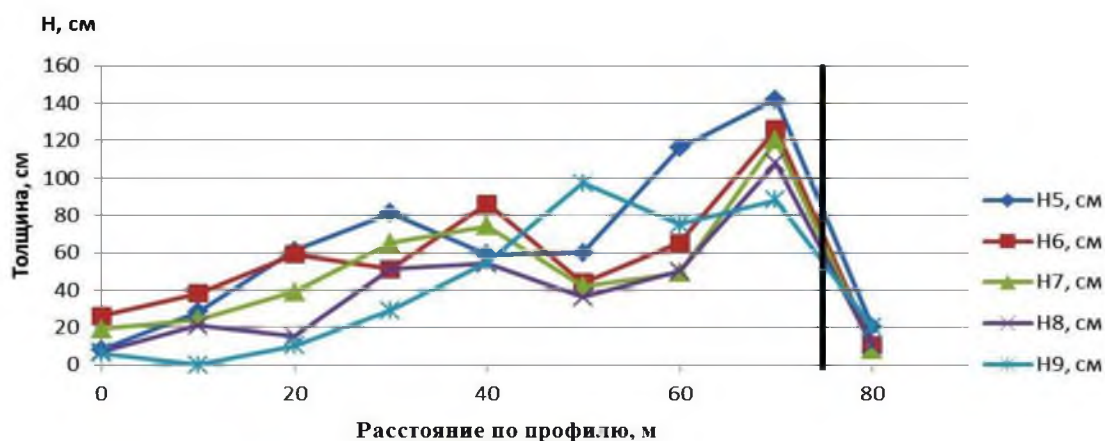


Рис. 5. Влияние лесополосы и на толщину снежного покрова в зиму 1993-1994 г на примере фрагмента профилей на поле № 1 (южный склон)

Если лесополоса густая, то она имеет однородную относительно непродуваемую структуру лесонасаждения по всей длине склона от его верхней части склона до подножия. Для сравнения по величине толщин СП в различных частях поля положение лесополосы на рис. 5 отмечено вертикальной линией черного цвета. На рис. 6 приведен фрагмент распределения

снежного покрова из материалов промеров трех поперечных профилей на поле северного склона, расположенном между двух продольных лесополос из березы и сосны, с различной степенью продуваемости.

Для наглядности и сравнения толщин СП в различных частях поля положение лесополосы на рис. 6 также отмечено вертикальной линией черного цвета. Первый профиль на рис. 6 отражает толщину СП в верхней части полевого участка, второй среднюю часть склона, а третий снегонакопление у подножия склона.

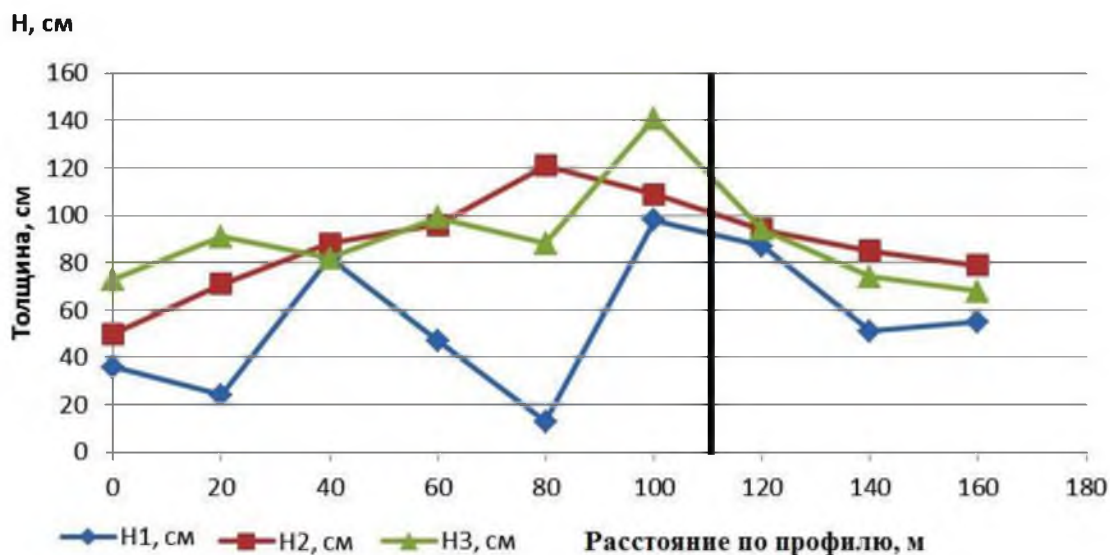


Рис. 6. Оценка влияния густой лесополосы на толщину снежного покрова на поле северного склона (пашня) полигон «Лучаново» 1994 г.

Интенсивность снеготаяния определялась по методу температурного коэффициента, предложенного в 1959 г. В.Д. Комаровым и по методу Е.Г. Попова [2]. Расчеты суточной интенсивности снеготаяния показали близкие результаты (табл. 3)

Таблица 3. Интенсивность снеготаяния мм/сут в разные годы, определенные разными методами

Интенсивность снеготаяния (мм/сут), рассчитанная по методу Е.Г. Попова	Интенсивность снеготаяния (мм/сут), рассчитанная по методу температурных коэффициентов (метод В.Д. Комарова)
Максимальная – 22,9 (1994–1995 гг.)	Максимальная – 22,6 (1994–1995 гг.)
Минимальная – 8,7 (1997–1998 гг.)	Минимальная – 9,8 (1997–1998 гг.)
Средняя – 13,6 за период 1965 – 2017 гг.	Средняя – 13,6 за период 1965 – 2015 гг.
Средняя – 15,9 за период 1988 – 2020 гг.	Средняя – 12,9 за период 1988 – 2020 гг.

Высокие показатели интенсивности снеготаяния – 20 мм/сут и более – наблюдались и в 1996–1997; 2007–2008, 2008–2009; 2009–2010 и 2014–2015 гг. В данной работе на примере метеорологических данных и проведенной снегомерной съемки произведен расчет интенсивности снеготаяния по выше указанным методам за 2019–2020 г для кедрового леса и пашни (северный склон). Наибольшая суточная интенсивность снеготаяния для леса составила по методу температурного коэффициента 11,8 мм/сут; для открытого поля (северный склон) – 29,5 мм/сут и, соответственно, 52,5 мм/сут. Причем эта максимальная суточная интенсивность приходится на середину второй фазы таяния СП. При расчете разными методами интенсивности снеготаяния необходимо учитывать, что в заключительную фазу снеготаяния за отдельные сутки интенсивность получается чуть выше (на 3–5 мм). В это период времени на открытых полевых участках снежный покров почти полностью растаял, остались только от-



дельные пятна снега, сохранившиеся близ лесных полос и значительных понижениях рельефа. В заключительную фазу снеготаяния водоотдача значительно превосходит интенсивность снеготаяния, на склонах наблюдается ручейковый сток.

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

### **Заключение**

Несмотря на длительную историю и значительный прогресс в исследованиях снега и снежного покрова [11] до сих пор остаются серьезные противоречия между возможностями, представляемыми разномасштабными подходами к учету значения снега и снежного покрова для природной среды. При внешней схожести терминов (модель снега, энергетический баланс, запас влаги в снеге), фактически для каждого масштаба существуют свои понятия «снег» и «снежный покров». При всей условности деления на «глобальный», «локальный» и «микро»-масштабы, разрывы между ними очевидны и определяются разницей в используемых методах и технологиях. Не факт, что такие разрывы оказывают значительное влияние на качество представления снега и снежного покрова в каждом отдельном масштабе. Однако для практического применения данных моделирования или для прогноза влияния возможных изменений в характеристиках снега и снежного покрова для конкретных прикладных задач, понимание существующих различий и пробелов в накопленных данных, а также поиск возможностей их ликвидации, могут стать необходимыми. Для сглаживания существующих проблем, на наш взгляд, весьма важны данные стационарных, полустационарных наблюдений в локальном масштабе с проведением ландшафтных снегосъемок в микромасштабе. Такие данные смогут улучшить результаты моделирования при решении различных задач.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Голубев В.Н., Петрушина М.Н., Фролов Д.М. Закономерности формирования стратиграфии снежного покрова // Лёд и снег. – 2010. – №1(109). – С. 58–72.
2. Догановский А.М., Орлов В.Г. Сборник задач по определению основных характеристик водных объектов суши: учебное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2011. – 315 с.
3. Дымников В.П., Лыкосов В.М., Володин Е.М., Галин В.Я., Глазунов А.В., Грицун А.С., Дианский Н.А., Толстых М.А., Чавро А.И. Моделирование климата и его изменений // Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования. Т. 2. Математическое моделирование. – М.: Наука, 2005. – С. 36–173.
4. Евсеева Н.С., Петров А.И., Кужевская 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.
5. Жильцова Е.Л., Анисимов О.А. О точности воспроизведения температуры и осадков на территории России глобальными климатическими архивами // Метеорология и гидрология. – 2009. – №10. – С. 79–89.
6. Катцов В.М., Мелешко В.П. Современные приоритеты фундаментальных исследований климата // Труды главной геофизической лаборатории им. А.И. Воейкова. – Вып. 557 / Катцов В.М., Мелешко В.П. (ред.). – СПб: ГГО, 2008. – С. 3–19.
7. Кононова Н.К. Изменение осадков холодного периода и продолжительности макроциркуляционных процессов, обуславливающих их выпадение в различных регионах Восточной Сибири // Лёд и снег. – 2010. – №3(111). – С. 47–57.
8. 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.

9. Петров А.И., Евсеева Н.С. Некоторые итоги стационарных наблюдений за снежным покровом в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины // *Материалы Всероссийской научной конференции «Проблемы географии на рубеже XXI века»*. – Томск: Изд-во ТГУ, 2000. – С. 143–145.
10. Рубинштейн К.Г., Громов С.С., Золоева М.В. Динамическая классификация снежного покрова // *Вычислительные технологии*. – 2006. – №11 (3, спец. выпуск). – С. 31–37.
11. Сократов С.А., Трошкина Е.С. Развитие структурно-стратиграфических исследований снежного покрова // *Материалы гляциологических исследований*. – 2009. – Вып. 107. – С. 103–109.
12. Сократов С.А. Исследование снега и снежного покрова: различия в подходах, определяемые различием в масштабах // *Экология северных территорий*. – Новосибирск: ЗАО ИПП «Оффсет», 2013. – С. 42–49.
13. Фирц Ш., Армстронг Р.Л., Дюран И., Этхнви П., Грин И., МакКланг Д.М., Нишимура К., Сатьявали П.К., Сократов С.А. Международная классификация для сезонно-выпадающего снега (руководство к описанию снежной толщи и снежного покрова) // *Русское издание (Материалы гляциологических исследований. 2012-2)*. – Москва: ИГ РАН, Гляциологическая ассоциация, 2012. – 80 с.
14. Хан В.М., Рубинштейн К.Г., Шмакин А.Б. Сравнение сезонной и межгодовой изменчивости снежного покрова в бассейнах рек России по данным наблюдений и реанализов // *Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана*. – 2007. – Т. 43. – №1. – С. 69–80.
15. Шмакин А.Б. Климатические характеристики снежного покрова Северной Евразии и их изменения в последние десятилетия // *Лёд и снег*. – 2010. – №1(109). – С. 43–57.
16. Barry R.G. Cryosphere models // *Encyclopedia of Complexity and Systems Science / Meyers R.A. (Ed.) / SpringerScience + BuisinessMedia, LLC, 2009*. – P. 1704–1718.
17. Spreitzhofer G., Sperka S., Steinacker R. MetGIS<sup>TM</sup>: combination of Meteorological and Geographie information Systems to produce high resolution mountain weather forecasts // *Meteorological Applications*. – 2012. – doi: 10.1002/met.1299

## REFERENCES

1. Golubev V.N., Petrushina M.N., Frolov D.M. Development patterns of snow cover stratigraphy formation. *Ice and Snow*, 2010, №1(109), pp. 58-72. In Rus.
2. Doganovskij A.M., Orlov V.G. *Sbornik zadach po opredeleniju osnovnyh harakteristik vodnyh ob'ektov sushy* [A collection of tasks to determine the main characteristics of water bodies on land]. SPb, RGGMU, 2011, 315 p. In Rus.
3. Dymnikov V.P., Lykosov V.M., Volodin E.M., Galin V.Ja., Glazunov A.V., Gricun A.S., Dianskij N.A., Tolstyh M.A., Chavro A.I. Modelirovanie klimata i ego izmenenij [Modeling of the climate and its changes]. *Sovremennye problemy vychislitel'noj matematiki i matematicheskogo modelirovanija. T.2 Matematicheskoe modelirovanie* [Modern problems of computational mathematics and mathematical modeling. Tom. 2. Mathematical modeling]. Moscow, Nauka, 2005, pp. 36-173. In Rus.
4. Evseeva N.S., Petrov A.I., Kuzhevskaja I.V., Haranzhevskaja Ju.A. Harakteristika snezhnogo pokrova Tomskoj oblasti [Characteristics of the snow cover of the Tomsk region]. *Geografija i prirodopol'zovanie Sibiri*. Barnaul, Altai State Univ. Publ., 2016, pp. 56-70. In Rus.
5. Zhil'cova E.L., Anisimov O.A. Accuracy of temperature and precipitation reproduction in Russia with global climate archives. *Meteorology and Hydrology*, 2009, no. 10, pp. 79-89. In Rus.
6. Katcov V.M., Meleshko V.P. Sovremennye priorityety fundamental'nyh issledovanij klimata [Current priorities for basic climate research]. *Trudy glavnoj geofizicheskoy laboratorii im. A.I. Voejkova*, issue 557. SPb, GGO, 2008. pp. 3-19. In Rus.

7. Kononova N.K. Change in precipitation of the cold period and the duration of macrocirculation processes containing their deposit in various regions of Eastern Siberia. *Ice and Snow*, 2010, no. 3(111), pp. 47-57. In Rus.
8. Krenke A.N., Cherenkova E.A., Chernavskaja M.M. Stability of snow cover in Russia due to climate change. *Ice and Snow*, 2012, no. 1 (117), pp. 29-37. In Rus.
9. Petrov A.I., Evseeva N.S. Nekotorye itogi stacionarnyh nabljudenij za snezhnym pokrovom v jugo-vostochnoj chasti Zapadno-Sibirskoj ravniny [Some results of stationary observations of snow cover in the southeastern part of the West Siberian Plain]. *Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii "Problemy geografii na rubezhe XXI veka"* [Materials of the All-Russian scientific conference "Problems of geography at the turn of the XXI century"]. Tomsk, Tomsk State Univ. Publ., 2000, pp. 143-145. In Rus.
10. Rubinshtejn K.G., Gromov S.S., Zoloeva M.V. Dinamicheskaja klassifikacija snezhnogo pokrova [Dynamic classification of snow cover]. *Vychislitel'nye tehnologii*, 2006, no. 11 (3), pp. 31-37. In Rus.
11. Sokratov S.A., Troshkina E.S. Development of structural and stratigraphic studies of snow cover. *Data of glaciological studies*, 2009, no. 107, pp. 103-109. In Rus.
12. Sokratov S.A. Issledovanie snega i snezhnogo pokrova: razlichija v podhodah, opredeljaemye razlichiem v masshtabah [Snow and snow cover research: differences in approach based on differences in scale]. *Jekologija severnyh territorij* [Ecology of northern territories]. Novosibirsk, ZAO IPP «Offset», 2013, pp. 42-49. In Rus.
13. Fierz C., Armstrong R.L., Durand Y., Etchevers P., Green E., McClung D.M., Nishimura K., Satyawali P.K., Sokratov S.A. The international classification for seasonal snow on the Ground (guide to the description of the snow mass and snow cover). Russian edition (*Data of glaciological studies 2012-2*). Moscow, IG RAS, Glaciological association, 2012. 80 p.
14. Khan V.M., Rubinshtejn K.G., Shmakin A.B. Sravnenie sezonnoj i mezhgodovoj izmenchivosti snezhnogo pokrova v bassejnah rek Rossii po dannym nabljudenij i reanalizov [Comparison of seasonal and interannual variability of snow cover in Russian river basins according to observations and reanalyses]. *Izvestija Rossijskoj akademii nauk. Fizika atmosfery i okeana*, 2007. vol. 43, no. 1, pp. 69-80.
15. Shmakin A.B. Climatic characteristics of snow cover of Northern Eurasia and their variation in the last decades. *Ice and Snow*, 2010, no. 1 (109), pp. 43-57. In Rus.
16. Barry R.G. Cryosphere models. *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*. Meyers R.A. (Ed.). SpringerScience + BuisnessMedia, LLC, 2009, pp.1704-1718.
17. Spreitzhofer G., Sperka S., Steinacker R. MetGIS<sup>TM</sup>: combination of Meteorological and Geographie information Systems to produce high resolution mountain weather forecasts. *Meteorological Applications*, 2012. doi: 10.1002/met.1299

#### **Информация об авторах:**

Евсеева Нина Степановна, доктор географических наук, профессор, зав. кафедрой географии, Геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36. E-mail: geography@ggf.tsu.ru

Nina S. Evseeva, Dr. Sc. (Geogr.), professor, Head of the Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: geography@ggf.tsu.ru

Петров Анатолий Иванович, старший преподаватель, кафедра гидрологии, Геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36. E-mail: petrov.anatolij1945@yandex.ru

Anatolij I. Petrov, Senior Lecturer, Department of Hydrology, Faculty of geology and geography, National Research Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: petrov.anatolij1945@yandex.ru

Хон Алексей Валерьевич, кандидат географических наук, ассистент, кафедра географии, Геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36, младший научный сотрудник, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, пр. Академический 10/3. E-mail: avkhon@yandex.ru

Aleksey V. Khon, Cand. Sci. (Geogr.), Assistant, Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia, Junior Researcher, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia, 10/3 Akademicheskij avenue, Tomsk, 634055, Russia. E-mail: avkhon@yandex.ru

Каширо Маргарита Александровна, кандидат географических наук, доцент, кафедра географии, Геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36. E-mail: mkashiro@yandex.ru

Margarita A. Kashiro, Cand. Sci. (Geogr.), associate professor, Department of geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: mkashiro@yandex.ru

Носырева Ольга Владимировна, кандидат географических наук, доцент, кафедра метеорологии, Геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет 634050, Томск пр. Ленина, 36. E-mail: ov\_nosyreva@mail.ru

Olga V. Nosyreva, Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Department of Meteorology and Climatology, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: ov\_nosyreva@mail.ru

Квасникова Зоя Николаевна, кандидат географических наук, доцент, кафедра географии, Геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36. E-mail: zojkwas@rambler.ru

Zoya N. Kvasnikova, Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: zojkwas@rambler.ru

Никитин Кирилл Владимирович, заведующий географической станцией Актру, Геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36. E-mail: allcreator95@gmail.com

Kirill V. Nikitin, Head of the Aktru Geographical Station, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: allcreator95@gmail.com

Десятников Артём Владимирович, студент, кафедра географии, Геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36. E-mail: desytnikov\_artem@mail.ru

Artem V. Desyatnikov, student, Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: desytnikov\_artem@mail.ru