

өзара әрекеттесудің энергия тиімділігін қамтамасыз етеді және тұрақты ылғалдылықпен өсімдіктердің қоректенуінің термодинамикалық қол жетімділігін мезгілімен арттырады.

**Кілт сөздер:** топырақ, термодинамикалық жүйе, синергетика, гетерогенділік, энергияның диссипациясы, кеуек кеңістігі.

УДК 551.578

## ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИГОДОВОГО ХОДА ХАРАКТЕРИСТИК СНЕЖНОГО ПОКРОВА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Мешик О.П., Морозова В.А., Борушко М.В.

*УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь*

### Аннотация

В статье представлены результаты исследований характеристик снежного покрова: высоты снега и его плотности, запасов воды в снеге, наблюдавшихся в Беларуси в репрезентативный период 1945–2020 гг. Рассматривается их внутригодовая динамика. Целью данного исследования является оценка пространственно-временной изменчивости характеристик снежного покрова в Беларуси, в том числе анализ внутригодового хода характеристик снежного покрова.

**Ключевые слов:** снежный покров, высота снега, плотность снега, запасы воды в снеге, пространственно-временная изменчивость.

### Введение

Систематические наблюдения за снежным покровом в Беларуси начаты в 1891 году (по постоянным рейкам и в 30-х годах XX столетия, дополнительно, по снегомерным съемкам). В результате снегосъемок получают: во-первых – средние значения высоты, плотности и запаса воды в снеге; во-вторых – характеристики распределения снежного покрова на различных формах рельефа и угодьях (в районе действия метеостанции); в-третьих - показатели временной изменчивости снегонакопления и снеготаяния [1]. Пространственно-временное распределение снежного покрова, как правило, отражается на специальных картах, разрабатываемых на материалах многолетних наблюдений [2].

Республика Беларусь обладает весьма выраженными контрастами в распределении и режиме снежного покрова. В последние десятилетия XX столетия зафиксировано глобальное потепление климата, что отразилось на ряде климатических показателей, в том числе и на снежном покрове. В связи с этим, изучению снежного покрова посвящено много исследований [3–5]. Сведения о характеристиках снежного покрова в качестве эмпирической основы необходимы для развития в метеорологической науке своих основных функций: наблюдения, обработки, анализа и прогноза.

Исследование снежного покрова является важным как в теоретическом, так и в практическом аспектах, т.к. снежный покров играет большую роль в природе и экономике Республики Беларусь. Данное исследование обусловлено необходимостью оценки состояния климатических ресурсов, а также практическими потребностями в изучении характеристик снежного покрова для нужд сельского хозяйства, в целях оптимизации работы транспорта и других коммуникаций. Распределение снежного покрова, продолжительность его залегания, условия таяния и количество образующейся весной талой воды определяют итоговый урожай сельскохозяйственных культур.

При прогнозах погоды необходимо учитывать, что снежный покров зимой значительно трансформирует альbedo подстилающей поверхности. Прогнозы снегопадов чрезвычайно важны при обслуживании аэропортов, железнодорожного и автомобильного

транспорта. Информация о снежном покрове необходима для бережного управления водными и земельными ресурсами и защиты их от вредного антропогенного влияния. Лесное хозяйство, деревообрабатывающая промышленность не могут обойтись без знаний о режиме снежного покрова на территории Беларуси. В строительстве при инженерном проектировании необходимо правильно назначать и учитывать снеговые нагрузки на конструкции зданий и сооружений. В последние годы все большую популярность имеет снежный покров в рекреационном значении: деятельность курортов, санаториев, профилакториев, горнолыжных комплексов и др.

Для территории Беларуси, как и многих стран, снежный покров играет большую роль в формировании половодий. Избыточное количество снега при дружном весеннем снеготаянии может приводить к наводнениям, приносящим значительные экономические издержки [6, 7]. Все это делает чрезвычайно важным изучение характеристик снежного покрова и их пространственно-временную изменчивость.

#### **Методика исследований**

В данном исследовании мы используем официальные данные климатического мониторинга, проведенного на 48 метеостанциях Республики Беларусь с 1945 по 2020 год. Они включают в себя:

- высоту снежного покрова, см;
- плотность снега, г/см<sup>3</sup>;
- запасы воды в снеге, мм.

Применяемые нами методы исследования включают: пространственно-временной анализ данных наблюдений, аналитические расчеты, картографирование.

#### **Полученные результаты и их обсуждение**

В работе проанализированы материалы, касающиеся пространственно-временной изменчивости высоты снежного покрова, его плотности и запасов воды в снеге за 75 лет, что делает выборки характеристик репрезентативными.

Продолжительность залегания снежного покрова на территории Беларуси в среднем составляет от 75 дней на юго-западе до 125 – на северо-востоке. В течение холодного периода снежный покров может многократно разрушаться под воздействием оттепелей (особенно, в начале и в конце зимнего периода). Более 50% оттепельных дней имеют положительную среднесуточную температуру, что часто приводит к полному разрушению снежного покрова. Например, в декабре до 10% оттепелей формируется при средней суточной температуре воздуха более 4°C. Устойчивый снежный покров, залегающий более месяца, образуется: на северо-востоке – в первой декаде декабря; на юго-западе – в третьей декаде декабря. Разрушение снежного покрова происходит в марте: на северо-востоке – в последней декаде; на юго-западе – в первой декаде. В течение холодного периода помимо жидких и твердых осадков, в чистом виде, выпадают смешанные осадки, составляющие в среднем 10-15% в год, которые влияют на структуру снеготопливных запасов. Сильные гололедно-изморозевые отложения в Беларуси отнесены к стихийным гидрометеорологическим явлениям (их средняя повторяемость 3-9%).

Важной характеристикой снежного покрова является его плотность. В Беларуси плотность свежевыпавшего снега составляет от 0,08-0,12 на северо-востоке до 0,12-0,17 г/см<sup>3</sup> на юго-западе. С течением времени происходит уплотнение снега в результате оседания, подтаивания. Средняя многолетняя величина плотности снега в конце января составляет 0,23-0,28 г/см<sup>3</sup>, в феврале – 0,25-0,30 г/см<sup>3</sup>, в марте – 0,29-0,36 г/см<sup>3</sup>. В отдельные годы, при быстром таянии, плотность снега может превышать 0,50 г/см<sup>3</sup>. Плотность тающего, пропитанного водой снега, отмечается на уровне 0,80 г/см<sup>3</sup>.

Запасы воды в снеге колеблются по всей Беларуси: от 107 мм в Бресте до 207 мм в Новогрудке. Они значительно отличаются по годам. Минимумы наблюдаются на юге и юго-западе Беларуси. Максимальные значения характерны для центральной и северо-восточной частей Беларуси со стабильным снежным покровом.

Как известно, на запасы воды в снеге влияют высота снежного покрова и его плотность. Причем, эти параметры используются во взаимосвязи. Период с максимальной высотой снежного покрова наступает раньше, а затем, при подтаивании снега (весной и во время оттепелей в холодный период), уменьшается его мощность и увеличивается плотность. Наибольшие запасы воды в снеге наблюдаются при максимальных значениях мощности снежного покрова и его плотности. На территории Беларуси запасы воды в снеге, высота снежного покрова и его плотность достигают своих максимальных значений в конце февраля – начале марта.

В **таблице 1** представлены результаты обобщения данных по снежному покрову за период 1945-46 - 2019-20 гг. и их внутригодовая динамика по метеостанциям областных центров Беларуси.

**Таблица 1** – Внутригодовые изменения характеристик снежного покрова, наблюдавшиеся на метеостанциях в 1945-46 – 2019-20 гг.

Метеостанции	Параметры	Декады																			
		Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель	
		3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
Минск	Высота, см																				
	средняя	0	1	2	3	5	7	9	11	14	16	17	18	18	17	13	6	2	0		
	максимальная	9	15	18	23	25	28	34	34	36	38	37	45	49	53	49	47	25	6		
	Плотность, г/см <sup>3</sup>																				
	средняя	0.20	0.15	0.19	0.19	0.19	0.22	0.21	0.23	0.24	0.24	0.25	0.26	0.27	0.30	0.31	0.32	0.32	0.13		
	максимальная	0.20	0.24	0.26	0.28	0.30	0.43	0.31	0.42	0.38	0.38	0.39	0.37	0.45	0.44	0.45	0.38	0.42	0.13		
Гродно	Запасы воды, мм																				
	средние	0	1	3	5	10	15	20	25	34	38	42	48	49	48	38	17	6	0		
	максимальные	13	22	34	51	55	64	81	86	95	105	123	147	135	140	141	137	88	8		
	Высота, см																				
	средняя	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	7	10	9	7	4	1	0	0		
	максимальная	2	19	12	11	21	22	21	21	25	40	40	53	47	38	38	18	24	0		
Могилев	Плотность, г/см <sup>3</sup>																				
	средняя		0.12	0.15	0.17	0.19	0.18	0.20	0.21	0.21	0.23	0.24	0.23	0.24	0.25	0.29	0.32	0.33			
	максимальная		0.13	0.19	0.23	0.30	0.35	0.33	0.34	0.41	0.43	0.41	0.40	0.34	0.40	0.41	0.41	0.33			
	Запасы воды, мм																				
	средние	0	1	1	2	5	7	8	11	13	17	17	21	20	16	11	4	1	0		
	максимальные	0	21	23	21	46	44	50	54	55	108	112	138	118	99	144	61	79	0		
Брест	Высота, см																				
	средняя	1	1	2	4	6	7	9	11	13	15	16	18	18	17	12	5	1	0		
	максимальная	21	16	16	16	21	25	34	37	37	44	41	46	47	50	49	43	21	2		
	Плотность, г/см <sup>3</sup>																				
	средняя	0.15	0.18	0.17	0.17	0.18	0.20	0.21	0.21	0.21	0.23	0.25	0.24	0.26	0.28	0.31	0.32	0.34			
	максимальная	0.20	0.29	0.25	0.30	0.43	0.35	0.47	0.38	0.46	0.33	0.46	0.40	0.38	0.50	0.51	0.44	0.39			
Гомель	Запасы воды, мм																				
	средние	1	2	3	5	9	13	17	22	28	33	37	43	45	45	33	15	3	0		
	максимальные	26	29	34	32	35	58	71	81	104	116	123	144	141	155	168	129	82	0		
	Высота, см																				
	средняя	0	0	1	2	3	3	4	5	5	5	6	7	7	4	2	1	0	0		
	максимальная	4	3	15	18	17	19	32	27	33	35	31	34	35	32	34	17	13	0		
Витебск	Плотность, г/см <sup>3</sup>																				
	средняя			0.16	0.19	0.20	0.22	0.21	0.21	0.21	0.25	0.21	0.23	0.24	0.27	0.29	0.41	0.41			
	максимальная			0.23	0.29	0.25	0.32	0.34	0.37	0.35	0.49	0.32	0.33	0.41	0.43	0.50	0.56	0.41			
	Запасы воды, мм																				
	средние	0	0	2	3	5	4	8	10	11	12	12	17	17	11	5	2	1	0		
	максимальные	0	0	26	25	42	46	64	53	79	69	83	78	102	92	92	61	53	0		
Гомель	Высота, см																				
	средняя	0	1	2	3	4	6	7	10	11	11	12	13	12	10	6	3	0	0		
	максимальная	8	11	21	16	22	28	37	47	51	50	45	44	45	49	44	38	2	5		
	Плотность, г/см <sup>3</sup>																				
	средняя	0.17	0.19	0.16	0.19	0.19	0.18	0.21	0.20	0.21	0.23	0.25	0.25	0.26	0.30	0.34	0.33		0.13		
	максимальная	0.17	0.23	0.24	0.35	0.27	0.37	0.41	0.35	0.35	0.38	0.51	0.39	0.40	0.43	0.80	0.45		0.13		
Витебск	Запасы воды, мм																				
	средние	0	1	2	4	7	11	14	19	22	24	28	32	31	28	17	9	0	0		
	максимальные	14	24	36	36	51	50	78	113	137	145	144	132	136	126	120	114	0	6		
	Высота, см																				
	средняя	0	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	20	18	14	7	3	0		
	максимальная																				

максимальная	13	26	19	25	24	31	44	35	40	44	48	51	49	53	44	41	38	1
Плотность, $г/см^3$																		
средняя	0.13	0.26	0.15	0.16	0.18	0.20	0.21	0.20	0.22	0.23	0.23	0.23	0.25	0.27	0.30	0.30	0.31	
максимальная	0.13	0.80	0.23	0.26	0.31	0.40	0.80	0.34	0.37	0.40	0.37	0.36	0.39	0.42	0.80	0.44	0.45	
Запасы воды, мм																		
средние	0	1	3	6	10	16	19	28	34	40	44	51	54	53	44	20	3	0
максимальные	19	32	37	62	62	76	92	104	148	164	147	139	155	189	154	139	61	0

Данные **таблицы 1** наиболее ярко демонстрируют пространственную изменчивость характеристик снежного покрова в регионах Беларуси. Фоном выделены максимальные значения исследуемых характеристик.

### Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Продолжительность залегания снежного покрова на территории Беларуси в среднем составляет от 75 дней на юго-западе до 125 – на северо-востоке.
2. Устойчивый снежный покров, залегающий более месяца, образуется: на северо-востоке – в первой декаде декабря; на юго-западе – в третьей декаде декабря.
3. Разрушение снежного покрова происходит в марте: на северо-востоке – в последней декаде; на юго-западе – в первой декаде.
4. Максимальные значения характеристик снежного покрова (запасы воды в снеге, высота снега, плотность снега) характерны для центральной и северо-восточной частей Беларуси со стабильным снежным покровом. Минимальные значения наблюдаются на юге и юго-западе Беларуси.
5. Запасы воды в снеге, высота снежного покрова и его плотность достигают своих максимальных значений в конце февраля – начале марта.
6. Существует четкая корреляция между запасами воды в снеге и высотой снега. Существуют определенные взаимосвязи между запасами воды в снеге и плотностью, а также высотой снега и плотностью.
7. Статистически достоверными являются связи высоты снега, запасов воды в снеге и высоты местности, где находится метеостанция. На возвышенностях выпадает намного больше снега.
8. Запасы воды в снеге колеблются по всей Беларуси: от 107 мм в Бресте до 207 мм в Новогрудке. Средняя величина максимальных запасов воды в снеге на территории Беларуси составляет 152 мм при коэффициенте вариации, равном 0,14.

### Список литературы

1. Валуев, В.Е. Изученность и статистические оценки снегозапасов / Валуев В.Е., Мешик О.П. // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2013. – №2(80): Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 8–11.
2. Meshyk A. Mapping the Characteristics of Snow Cover in Belarus / A.Meshyk, V.Marozava, M.Barushka // 2020 International Conference on Building Energy Conservation, Thermal Safety and Environmental Pollution Control (ICBTE 2020) / E3S Web Conf. Volume 212, 2020. – Brest, Belarus, October 29–30, 2020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021201013>.
3. Молдахметов, М.М. Пространственно-временная изменчивость максимальной высоты снежного покрова на территории Северного и Центрального Казахстана / М.М. Молдахметов, Л.К. Махмудова // Гидрометеорология и экология. 2015, №3. С. 28–37.
4. Ефремов, Ю.В. Снежный покров на Лагонакском нагорье (Западный Кавказ) / Ю.В. Ефремов, А.В. Зимницкий // Лёд и Снег. – 2017. – №57(3). С. 365–372. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2017-3-365-372>.
5. Максютлова, Е.В. Режим снежного покрова Предбайкалья в изменяющемся климате / Е.В. Максютлова // Лёд и Снег. – 2017. – №57(2). С. 221–230. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2017-2-221-230>.

6. Meshyk, A., Barushka, M., Marozava, V. (2020) Snow as a Contributor to Spring Flooding in Belarus. *Environmental Science and Pollution Research*. 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09638-8>.

7. Мешик, О.П. Роль снежного покрова в формировании весеннего половодья на реках Беларуси / О.П. Мешик, В.А. Морозова, М.В. Борушко // Мелиорация. – 2020. – №4(94). – С. 35–40.

## PECULIARITIES OF INTRA-ANNUAL COURSE OF SNOW COVER CHARACTERISTICS IN BELARUS

**Meshyk A., Marozava V., Barushka M.**

*Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus*

### **Abstract**

The article presents the results of studies of such characteristics of snow cover as snow depth, snow density, snow water equivalent, observed in Belarus within the representative period of 1945–2020. Their intra-annual dynamics is analyzed in the paper. The purpose of this study is to assess space-time variability of the characteristics of snow cover in Belarus. The work analyzes intra-annual variation of the characteristics of snow cover.

**Key words:** snow cover, snow height, snow density, snow water equivalent, space-time variability.

**УДК 621.311:631.234:635**

## ЖЫЛЫЖАЙ ОРЫНДАРЫНДА КӨКӨНІС ӨСІРУДЕГІ СУ ҮНЕМДЕУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

**Мирамбекұлы Е., Мирамбекқызы Ж., Жапаркулова Е.Д., Абаева К.Т.**

*Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ.*

### **Аңдатпа**

Мақалада Қазақстанның су тапшылығы мен алдағы жылдарға болжам жасалынған. Қызылорда қаласында орналасқан жылыжай орындарында суды үнемдеу технологияларын енгізе отырып, су шығындарын басқада суармалау түрлерімен салыстыра зерттеулер жүргізілген. Жүргізілген зерттеулер негізінде жылыжай орындарында тамшылатып суарудың тиімділігі екені анықталды.

**Кілт сөздер:** Жылыжай, тамшылатып суару, қызанақ, қияр, тиімділік, өнімділік.

### **Кіріспе**

Қазақстанның аса маңызды экологиялық проблемаларының бірі су ресурстарының сарқылуы болып отыр. Тұщы суды тұтыну ауқымын кеңейту, бірінші кезекте суармалы егіншілік үшін табиғи су көздерінің тұздануына және сарқылуына алып келеді. Мамандардың айтуынша, Қазақстан 2040 жылы су тапшылық проблемасына ұшырайды. Осы уақытта су ресурстарын пайдалану деңгейі екі есе азаяды - 23 тен 10 млрд. текше метрге дейін. Қазақстанның су ресурстарын басқару жөніндегі сарапшысы Ерлан Бадашев хабарлаған болатын [1].

Жыл бойы халықты көкөністермен қамтамасыз етудің жалғыз тәсілі – жылыжай орындарында көкөніс өсіру технологиясы. Агроөнеркәсіптік кешеннің негізгі саласы ретінде бұл технология ең тиімді шешім болып табылады. Бұл саланың басты міндеттерінің бірі-