

ТРЕНДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И МЕЖГОДОВЫЕ ВАРИАЦИИ СНЕГОЗАПАСОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Голубев В.Н., Фролов Д.М.

МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, golubev@geol.msu.ru

TREND CHANGES AND INTERANNUAL VARIATIONS OF SNOW COVER WATER EQUIVALENT ON THE TERRITORY OF RUSSIA.

Golubev V.N., Frolov D.M.

Lomonosov MSU, Moscow, golubev@geol.msu.ru

Строение, толщина и водозапас снежного покрова определяются комплексом метеорологических явлений зимнего сезона, периодичность и интенсивность проявления которых зависят от региональных климатических условий и амплитуды их межгодовых вариаций, обычно существенно превышающих трендовые изменения показателей климата.

The snow structure, snow cover depth, snow cover water equivalent is determined by complex of winter season meteorological events. Periodicity and intensity of those events depend on indices of regional climatic conditions and amplitude of theirs interannual variations. Interannual variations usually significantly exceed trend changes (alterations) of climate conditions indices.

Возможность эффективного использования снежного покрова или защиты от его неблагоприятного воздействия зависит от своевременного поступления информации об его распространении, свойствах и строении (стратиграфии). Наличие слоев снега, выпавшего при разных погодных условиях, предполагает неоднородность физических свойств и строения в вертикальном (стратиграфическом) разрезе снежной толщи. Пространственная неоднородность строения, свойств, толщины, продолжительности залегания и метаморфического преобразования снежного покрова на уровне геосистем обусловлена различием региональных климатических условий, а на локальном уровне – местными особенностями ландшафтов (крутизна и экспозиция склонов, шероховатость поверхности, наличие и характер растительности и др.) [3]. Оценка водозапаса снежного покрова сопряжена с проведением обширного комплекса наземных наблюдений и/или с проблемами дешифрирования материалов дистанционных измерений. Обычно это космическая микроволновая съемка территории в нескольких диапазонах с разрешением порядка 2000 км². Отсутствие сведений о стратиграфии снежного покрова, присутствии горизонтов перекристаллизованного снега и корок разного генезиса, а также о влажности снега существенно ухудшают надежность дешифрирования материалов дистанционных измерений в показателях толщины/водозапаса снежного покрова. Интенсивная перекристаллизация снега и формирование глубинной изморози может стать причиной завышения водозапаса по сравнению с реальным значением, а наличие в снежном покрове ледяных прослоев и жидкой влаги приведет к заниженному результату [1].

Особенности строения снежного покрова обусловлены вариациями региональных климатических условий в текущий сезон, вследствие чего доля текстурных неоднородностей в разрезе не может быть охарактеризована заранее, а доступная информация сетевых метеостанций требует определенной генерализации [2]. Поэтому актуальными задачами при оценке водозапаса снежного покрова становятся: построение на основе стандартной метеорологической информации региональных стратиграфических разрезов, отражающих климатические условия текущего зим-

него периода, а также создание диаграмм зависимости толщины и водозапаса снежного покрова в период максимального снегонакопления от средних значений температуры зимнего периода и суммы твердых осадков.

Многолетние изменения климатических условий сопровождаются их межгодовыми вариациями, обусловленными периодической сменой преобладающего типа атмосферных циркуляционных процессов. Данные о термическом режиме зимнего периода, сумме твердых осадков и толщине снежного покрова в 1960-2009 гг. (рис. 1) позволяют характеризовать трендовые изменения и их межгодовые вариации в этот период. Трендовые изменения на территории Северной Евразии в этот период они были положительными и составили: температуры холодного периода – $0,032^{\circ}\text{C}/\text{год}$, суммы зимних осадков – $0,8 \text{ мм}/\text{год}$, толщины снежного покрова – $0,12 \text{ см}/\text{год}$. Средние значения межгодовых вариаций температуры были равны $1,5^{\circ}\text{C}$, осадков – 10 мм , толщины снежного покрова – 2 см , а максимальные достигали 3°C , 30 мм и 7 см , более чем на порядок превышая величину трендовых изменений. Соотношения между трендовыми изменениями и межгодовыми вариациями температуры воздуха, суммы осадков и толщины снежного покрова имеют один порядок величины. И межгодовые, и трендовые изменения температуры воздуха, суммы осадков предполагают соответствующие вариации частоты снегопадов и сильных ветров, перепадов температуры и оттепелей. Это должно находить свое отражение в изменениях толщины и строения снежного покрова и, учитывая сезонность его существования, позволяет рассматривать межгодовые аномалии этих характеристик снежного покрова как возможную его реакцию на прогнозируемые долговременные климатические изменения [1].

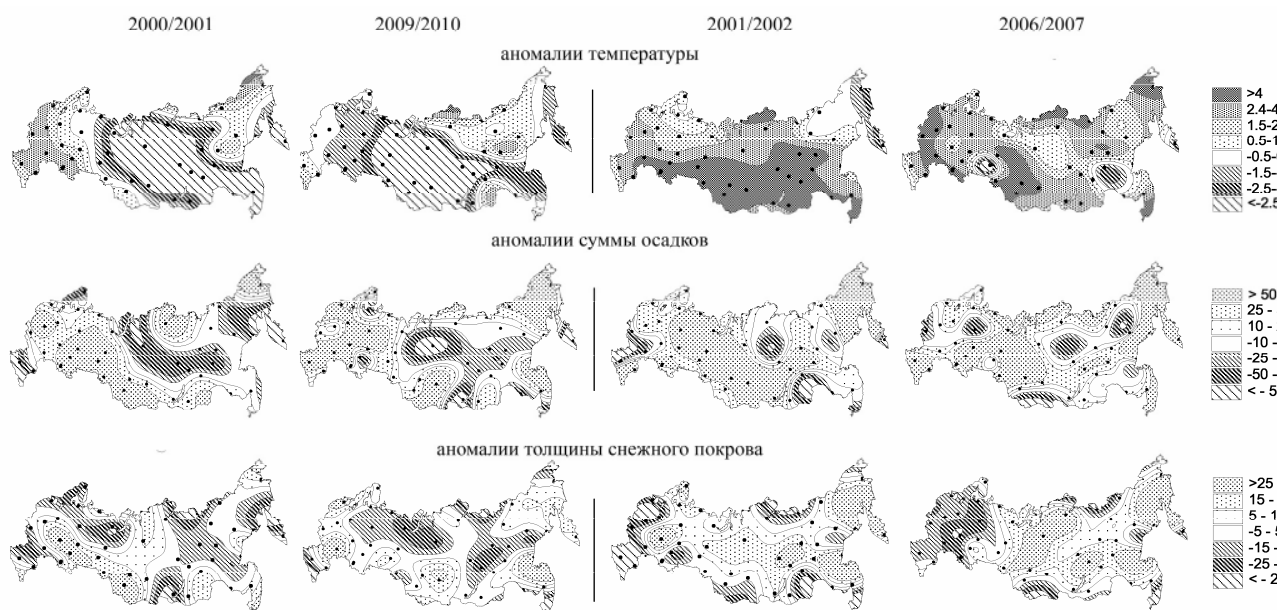


Рисунок 1. Распределение аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}$), суммы зимних осадков (мм), средней толщины снежного покрова в феврале (см) на территории России в «холодные» (2000/01 и 2009/10 гг.) и «теплые» (2001/2002 и 2006/2007 гг.) зимние сезоны относительно 1961-1990 гг.

Первичная информация 50 метеостанций, расположенных в климатических областях России с устойчивым снежным покровом, была использована для оценки аномалий среднемесячных значений температуры воздуха, суммы зимних осадков и толщины снежного покрова относительно средних многолетних (1961-1990 гг.) и установления средних, а также максимальных и минимальных значений аномалий в этих областях в зимние периоды 2000-2010 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Средние, максимальные и минимальные значения аномалий температуры воздуха, суммы осадков и толщины снежного покрова на территории России в зимние периоды 2000-2010 гг.

Сезон	Аномалии относительно средних многолетних значений в период 1961-1990 гг. (средняя величина / минимальная / максимальная)		
	температура (°C)	осадки (мм)	толщина снежного покрова (см)
2000/01	-0,37/-5,4/3,7	8,7/-120/168	4,51/-24/44
2001/02	3,05/-1,0/6,4	26,2/-158/111	6,46/-23/51
2002/03	0,39/-2,4/3,5	12,4/-107/67	5,01/-20/38
2003/04	1,99/-2,1/6,0	15,0/-52/140	3,36/-21/28
2004/05	1,38/-1,3/5,1	11,6/-32/65	4,17/-20/127
2005/06	0,52/-5,0/4,9	2,2/-77/197	3,04/-22/77
2006/07	2,90/-3,4/5,3	49,1/-45/266	7,18/-23/40
2007/08	2,74/-1,5/6,0	18,6/-97/245	3,10/-27/60
2008/09	1,81/-2,2/4,3	26,3/-52/274	-1,11/-20/54
2009/10	-0,75/-4,9/2,4	21,7/-160/111	2,18/-29/42

Полученные значения послужили основой для составления карт, характеризующих распределение аномалий климатических показателей на территории России в эти зимние сезоны. Характерно, что распределение и площади секторов с положительными и отрицательными аномалиями на картах оказываются разными при сравнении зимних периодов с общим для территории России потеплением или похолоданием, но весьма близкими при сравнении двух или нескольких зимних периодов, характеризующихся одинаковой направленностью изменения температуры (рис. 1).

Вариации температуры. Анализируемые зимние периоды на большей части России характеризовались, за исключением 2000/2001 гг. и 2009/2010 гг., положительными аномалиями температуры воздуха по сравнению со средним многолетним значением, а наиболее высокие значения были зимой 2001/2002 гг. и 2006/2007 гг. (таблица 1).

Вариации осадков. Средние для территории России суммы зимних осадков в анализируемые годы были выше многолетних значений на 2-49 мм (табл. 1). При этом отрицательные аномалии (до 160 мм) в эти зимние сезоны были приурочены к западной части ЕТР, югу Западной Сибири, регионам Восточной Сибири, а максимальные значения положительных аномалий, (до 270 мм) отмечались на побережье Охотского моря.

Вариации толщины снежного покрова. Толщина снежного покрова в максимум снегонакопления была выше по сравнению с многолетними значениями. Лишь в 2008/2009 гг. в условиях интенсивного потепления на территории к западу от Средней Сибири произошло ее понижение, составившее в среднем по России 1,1 см. Уменьшение толщины снежного покрова на 20-30 см отмечалось на побережье Северного Ледовитого океана, в Приуралье и на большей части ЕТР, а полоса увеличения толщины на 10-30 см, (вплоть до 120 см) располагалась в Восточной Сибири, на Камчатке и юге Западной Сибири. Неоднозначность зависимости толщины снежного покрова от температуры связана с тем, что в районах сурового климата повышение температуры сопровождается увеличением и суммы зимних осадков, и толщины снежного покрова, тогда как в районах с более теплыми зимними условиями при повышении температуры возрастает интенсивность оседания снега вследствие частичного таяния и увеличения скорости вязкого уплотнения [2, 3].

Моделирование региональных вертикальных разрезов сезонного снежного покрова базировалось на картографических материалах, интерполирующих данные метеостанций о температуре,

осадках, толщине снежного покрова, интенсивности и частоте снегопадов, оттепелей, сильных ветров, перепадов температуры и пр. (таблица 2).

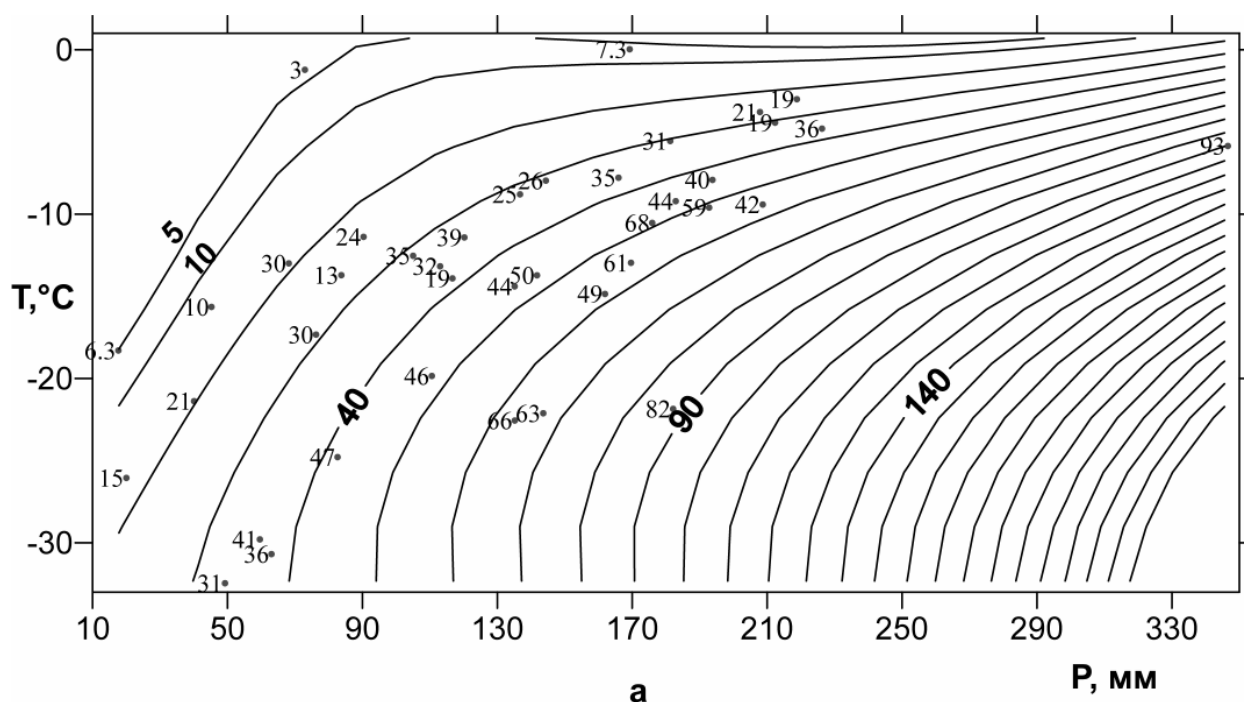
Таблица 2

Средние по России частота (количество за сезон) и интенсивность снегопадов и оттепелей, число дней с резкими перепадами температуры и периодов с сильным ветром в 2004–2007 гг.

Сезон	снегопады		оттепели		перепады температуры	число дней с ветром
	кол-во	интенсив. (мм/сн.)	кол-во	интенсив. (°Сдн./от.)	>10 °С/сутки	>10 м/с
2004/05	15,00	9,19	2,62	1,62	9,21	10,84
2005/06	14,30	9,89	2,41	1,83	10,08	10,34
2006/07	13,41	13,03	2,70	2,01	9,69	10,26

Моделирование. Алгоритм построения регионального стратиграфического разреза включает несколько последовательных этапов:

- 1) подразделение снежного покрова на слои снегонакопления согласно частоте и интенсивности снегопадов и регионального значения его толщины;
- 2) выделение горизонтов снежной толщи на основе периодичности и интенсивности: ветрового воздействия; оттепелей;
- 3) выделение горизонтов разрыхления согласно частоте перепадов температуры;
- 4) оценка регионального снегозапаса (рис. 2) на основе карт толщины снежного покрова, суммы твердых осадков и средней зимней температуры с учетом возможного стока талой воды в подстилающий грунт в зимний период.



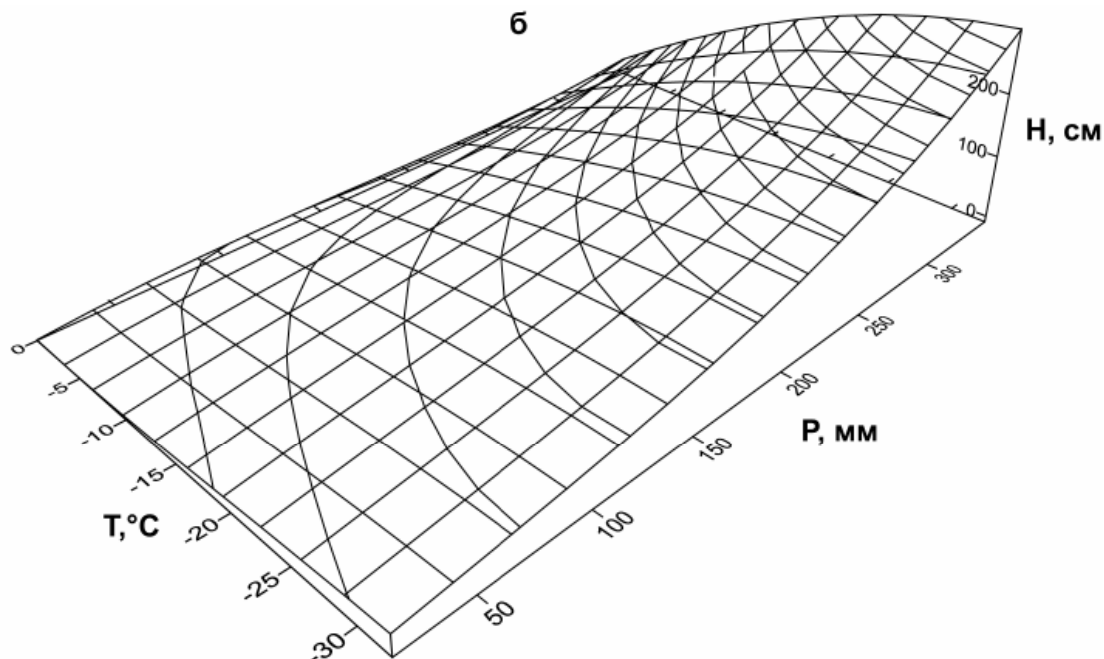


Рисунок 2. – Соотношение снегозапасов (изолинии) со средней зимней температурой и суммой зимних осадков в 1961-2008 гг. на 50 метеостанциях России

Литература

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. Голубев В.Н., Гусева Е.В. Особенности теплопереноса в стратифицированной снежной толще. Сб. Снежный покров в горах и лавины. – М.: Наука, 1987. – С. 62-74.
3. Кузьмин П.П. Формирование снежного покрова и методы определения снегозапасов. – Л.: ГИМИЗ, 1960. – 171 с.