DOI: 10.21513/2410-8758-2018-4-39-54 УДК 551.582

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ НАКОПЛЕНИЕ СНЕГА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

*В.П. Горбатенко, Г.Г. Журавлев, О.В. Носырева, М.А. Волкова, Л.И. Кижнер, Д.А. Константинова**

Томский государственный университет,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; **da_konstantinova@mail.ru*

Реферат. В работе представлен анализ пространственно-временных характеристик климата, определявших накопление снега на автомобильных дорогах Томской области в 1966-2017 гг. Приведены результаты исследования характеристик снежного покрова, ветрового и метелевого режимов. Наметилось некоторое увеличение высоты снежного покрова на юге Томской области и снижение – на севере. Наблюдается уменьшение как числа дней с метелью, так и средней продолжительности метелей, обусловленное уменьшением скорости ветра.

Ключевые слова. Накопление снега, автомобильная дорога, снежный покров, продолжительность метели, скорость ветра, ветровой режим.

PRESENT-DAY CHANGES OF CLIMATIC CONDITIONS DETERMINING THE ACCUMULATION OF SNOW AT THE MOTOR ROADS OF TOMSK REGION

*V.P. Gorbatenko, G.G. Zhuravlev, O.V. Nosyreva, M.A. Volkova, L.I. Kizhner, D.A. Konstantinova**

Tomsk state university,
36, Lenin Avenue, 634050, Tomsk, Russia; **da_konstantinova@mail.ru*

Abstract. Spatial and temporal characteristics of climate determining snow accumulation at the motor roads of Tomsk region in 1966-2017 are analyzed in the study. Results of the analysis of snow cover, wind and snowstorm conditions are presented. A certain increase in snow-cover depth is found in the south of Tomsk Region, while decrease is detected in the northern part. Both number of days with snowstorm and average duration of snowstorms have decreases due to reduction in the wind speed.

Keywords. Snow accumulation, motor road, snow cover, duration of snowstorm, wind speed, wind regime.

Введение

В рамках Федеральной целевой программы «Дороги XXI века» в Западной Сибири ведётся строительство автомобильной магистрали – «Северная широтная дорога». Магистраль должна обеспечить постоянную транспортную связь основных нефте- и газодобывающих районов севера Западной Сибири с промышленными центрами юга Западной и Восточной Сибири, Тюменской и Свердловской областей, северного Урала и европейской части России, кроме того, она станет составной частью федеральной автомобильной дороги Москва – Хабаровск. Проект Северной широтной дороги «Пермь – Ивдель – Ханты-Мансийск – Сургут – Нижневартовск – Томск» включен в вышеперечисленные транспортные стратегии Российской Федерации. Для реализации планов по строительству новых дорог разработаны «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г.» (Транспортная стратегия, 2008), «Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 г.» (Стратегия социально-экономического развития…, 2010) и «Стратегия развития транспортной системы Томской области в 2008-2025 гг.». В связи с этим, для решения задач проектирования, строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог, а также для организации безопасного дорожного движения необходимо обеспечение дорожных организаций надежными информационными ресурсами о текущих и будущих характеристиках климата на территории области.

Наибольшее влияние погодно-климатических явлений на состояние проезжей части автомобильных дорог (скользкость, ровность, колейность, снежный накат и т.п.) на территории Западной Сибири вообще и Томской области в частности, ощущается в зимний период года. В этих условиях снижается безопасность дорожного движения, увеличивается количество ДТП, снижается скорость автомобильного транспорта, что приводит к резкому уменьшению пропускной способности автомобильных дорог и увеличению себестоимости перевозок. Повышение эффективности содержания автомобильных дорог в зимний период возможно при своевременном и качественном проведении дорожных работ, осуществляемых специализированными предприятиями с учетом климатических ресурсов.

Едва ли не главной проблемой обеспечения бесперебойной эксплуатации дорог на большей части территории Томской области является накопление снега вдоль автомобильных дорог, обусловленное ветровым переносом ($м^3$/м). Объем такого снегонакопления зависит от многих факторов, главными из которых являются высота снежного покрова, скорость ветра, повторяемость и продолжительность метелей, а также особенности растительного покрова, существенно влияющего на ветровой режим (Дробышев и др., 1987).

Целью настоящей работы является анализ пространственно-временных характеристик климата, определяющих снегонакопление на автомобильных дорогах Томской области. В работе представлены результаты исследования характеристик снежного покрова, ветрового и метелевого режимов.

Справочные и методические материалы опубликованы в 2007 и в 2008 годах (Справочник дорожного мастера…, 2007; Методические рекомендации по защите и очистке автомобильных дорог от снега …, 2008) и основаны на метеорологических данных, полученных более десяти лет назад. Ряд характеристик климата за прошедшее десятилетие несколько изменился, особенно это касается повторяемости метелей, дат установления и разрушения снежного покрова.

Методы и материалы

В настоящей работе, в качестве материалов для исследования снежного покрова использовались данные маршрутных и стационарных наблюдений за средней и наибольшей высотой снежного покрова (СП), заимствованные с сайта ВНИИГМИ-МЦД (Российский гидрометеорологический портал…) для 11 станций Томкой области в период с 1977 по 2017 гг.

Для анализа метелевого режима Томской области использовались данные метеорологических ежемесячников по 23 станциям Томской области. В работе представлены основные статистические характеристики числа дней с метелями по месяцам и в целом за год, многолетняя динамика числа дней с явлением и пространственное распределение метелей за период с 1966 по 2017 гг.; также приведена статистика продолжительности метелей за период с 2000 по 2017 гг.

В качестве информации о ветре использовались данные АМСГ Томск за период с 2000 по 2017 гг. В работе рассчитаны статистические характеристики ветра со скоростью ≥15 м/с (число дней с сильным ветром, средний и абсолютный максимумы скорости ветра), и повторяемость направлений ветра по тридцатиградусным секторам для разных градаций скорости.

Методами исследования являются статистический анализ многолетних рядов данных наблюдений за метелями, снежным покровом и ветровыми характеристиками для территории Томской области. Обработка данных наблюдений производилась на ПК с помощью пакетов прикладных программ (Statistica, Blitzstatistika, Excel) стандартными методами математической статистики.

Для визуализации полученных результатов использовались программа ArcGis 10.2.2, картографический пакет программы Surfer и другие графические редакторы. В модуле Geostatistical Analyst программы ArcGis использовался метод взвешенного осреднения с весами, обратно пропорциональными расстоянию.

Результаты

Характеристики снежного покрова

Для определения накопления снега за счет ветрового переноса используют данные о высоте снежного покрова в исследуемой местности. Важными характеристиками являются сроки залегания и схода снега и продолжительность его залегания.

Средние многолетние значения средней высоты СП в Томской области представлены на рис. 1[1]. Наиболее мощный снежный покров характерен для северо-запада Томской области, здесь его высота составляет 40-50 см. В центральной части области высота СП достигает 30-40 см. На юге области (на станции Томск) отмечается высота СП, характерная для северо-западной части.

Первое появление снежного покрова на большинстве станций Томской области наблюдается в первой декаде октября, на севере области (на станции Напас) залегание снежного покрова отмечается в первой декаде сентября. В третьей декаде сентября снежный покров появляется на станциях Парабель, Пудино и Бакчар.

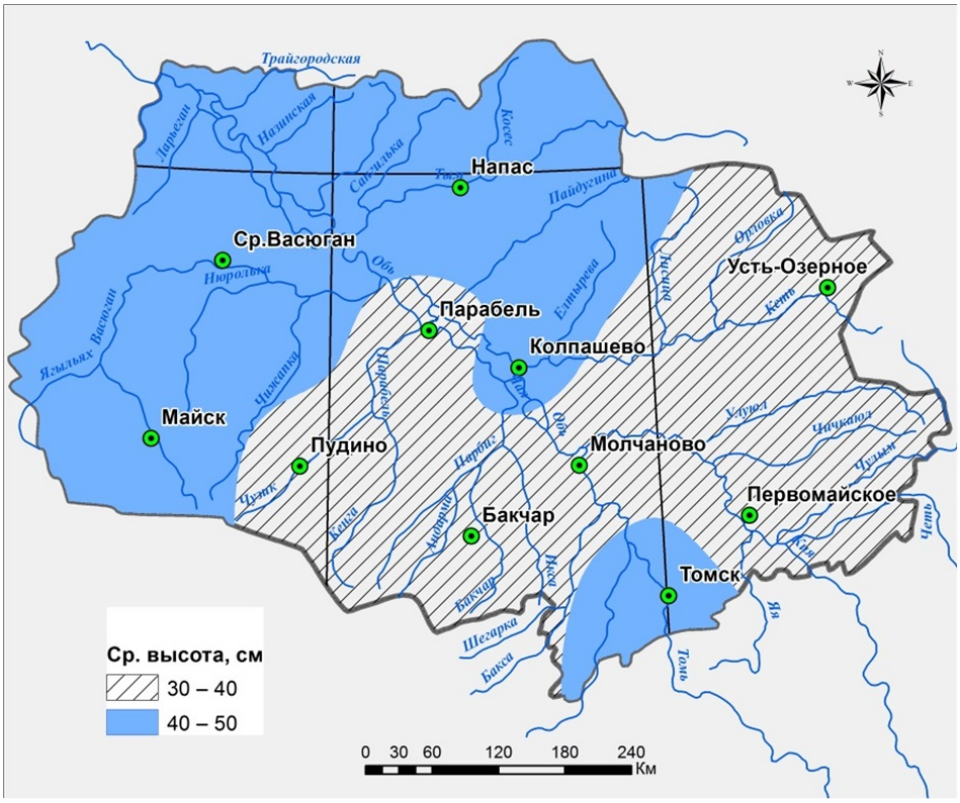


Рисунок 1. Средняя высота снежного покрова в Томской области

Устойчивый снежный покров в Томской области устанавливается в конце октября (Томск, Бакчар – 26 октября, Первомайское – 23 октября). Промежуток времени между первым появлением снега и сроком образования устойчивого снежного покрова составляет в среднем 25-45 дней. Начало снеготаяния

[1)] Построение карт снежного покрова – достаточно сложная проблема. Статистические крупномасшабные особенности снежного покрова расмотрены в работе (Кислов и др., 2001).

на юге области начинается 28-31 марта, окончательный же сход снежного покрова приходится на 16-21 апреля. В среднем по всей территории дата окончательного его схода отмечается 22 апреля (Носырева, Соян, 2017). Продолжительность залегания снежного покрова составляет 180 дней. Промежуток между сроками разрушения и схода укладывается здесь в 19-24 дня.

Важными характеристиками снежного покрова являются средняя и максимальная высоты снега за холодный период. На рис. 2 представлена внутригодовая динамика накопления снежного покрова в районе двух метеостанций, расположенных в разных частях территории Томской области.

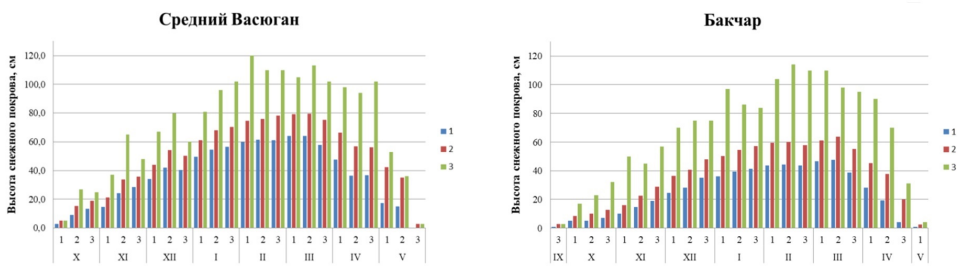


Рисунок 2. Внутригодовая динамика накопления снежного покрова
1 – средняя декадная высота снежного покрова, 2 – средняя максимальная высота за декаду, 3 – абсолютный максимум максимальной высоты за декаду

Наибольшей высоты снежный покров достигает в первой–второй декаде марта. Средние декадные высоты в этот период достигают 48 см на юге области, 52 см – в центральной части и 64 см – на северо-западе. Также на первую-вторую декаду марта приходится максимум наибольших из декадных высот (64-80 см с юга на север соответственно). Абсолютный максимум высоты в отдельные декады может достигать 115-120 см.

На большей части Томской области средняя максимальная высота снега составляет 70-80 см (рис. 3). На севере и юге области значения высоты достигают 80-90 см. отдельные очаги с высотой снега до 94 см наблюдаются на севере (Напас) и на юге (Томск) территории.

Пространственное распределение средних значений максимальных за сезон высот снега имеет вид, аналогичный распределению средних высот (рис. 3). Наибольшие значения абсолютной максимальной высоты снежного покрова до 130 см наблюдаются на северо-западе (Напас, Средний Васюган) и юге территории (Томск), наименьшие значения 98-110 см – на востоке. На большей части Томской области эта величина имеет значения 110-120 см.

По знаку тенденции средней и максимальной высоты снежного покрова область делится на две части, северную и южную. Тенденция к уменьшению прослеживается в северной части области (Средний Васюган, Напас), а в южной части Томской области (Бакчар, Первомайское, Молчаново, Томск) прослеживается тенденция увеличения высоты СП на протяжении всего исследуемого периода (рис. 4).

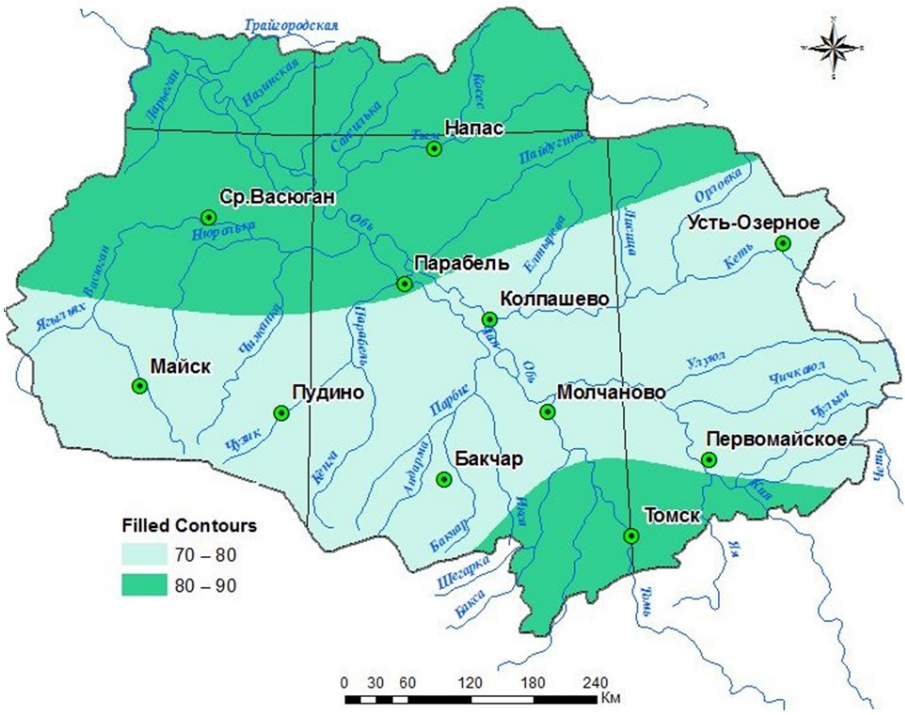


Рисунок 3. Средняя максимальная высота снежного покрова в Томской области

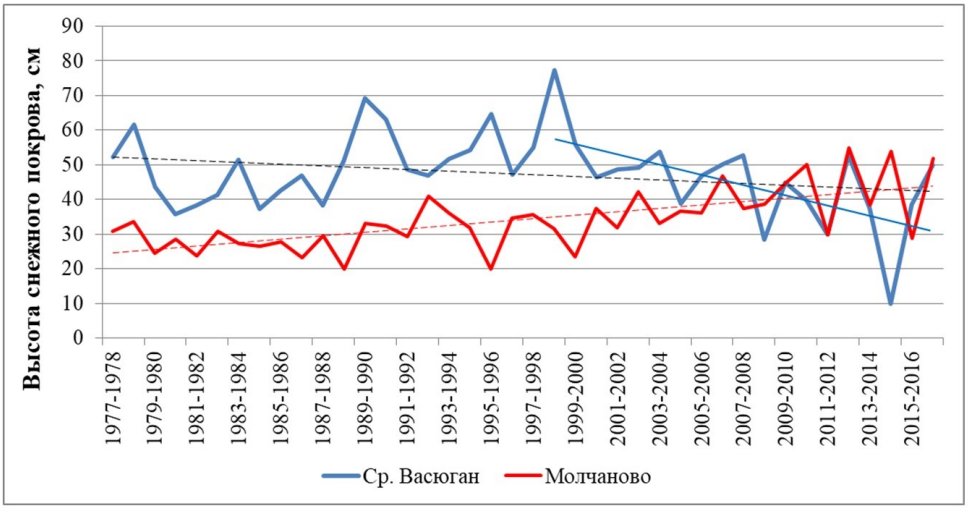


Рисунок 4. Средняя высота снежного покрова на севере (Средний Васюган) и юге (Молчаново) Томской области

По результатам исследования снежного покрова получено:

• Продолжительность залегания снежного покрова в среднем составляет 180 дней. Наблюдается отрицательная тенденция величины, что согласуется,

с изменением сроков залегания и разрушения снежного покрова в последние десятилетия на фоне изменения климатических параметров.

• Наибольшей высоты снежный покров достигает в первой-второй декаде марта. Средние декадные высоты в этот период достигают 48 см на юге области, 52 см – в центральной части и 64 см – на северо-западе.

• Максимальное снегонакопление приходится на первую-вторую декаду марта (64-80 см с юга на север соответственно).

• По знаку тенденции высоты снежного покрова Томская область делится на две части: в северной части прослеживается тенденция к уменьшению величины, а в южной – к увеличению высоты снежного покрова.

Характеристики ветрового режима

Дальность переноса снега зависит от скорости ветра, а величина соответствующего снегонакопления от направлений дорожного полотна и преобладающих ветров. В связи с особенностями циркуляции атмосферы и под влиянием местных условий (Трифонова и др., 1982; Кижнер, Серая, 2015) в Томской области преобладают южные и юго-западные ветры во все сезоны года и в целом за год.

Средняя скорость ветра на станциях Томской области не превышает 2 м/с в течение всего года. Многолетний анализ изменения скоростей ветра показал, что среднегодовая скорость ветра на всех станциях Томской области уменьшилась в 80-е годы XX века. По сравнению со значениями, приведенными в справочнике по климату СССР (Научно-прикладной справочник по климату…, 1993), средние значения скорости ветра уменьшились в 1.5-2 раза. Замеченное снижение скорости ветра на исследуемой территории подтверждает общую закономерность многолетних изменений скорости ветра, характерную для большей части территории РФ (Журавлев, 2001; Журавлев и др., 2009; Журавлев, Задде, 2013; Мещерская и др. 2006). Причины такого уменьшения делят на несколько групп. К первой группе (наиболее значимой) относят увеличение защищенности метеорологических площадок вследствие роста деревьев и застройки окружающей территории. На открытом пространстве скорость ветра может несколько отличаться от измеренной на ближайшей метеостанции. Для расчета накопления снега необходимо понимать, насколько могут отличаться значения скорости ветра на открытых территориях по сравнению с данными метеорологических станций. Для этого было проведено сравнение средней и максимальной скоростей ветра на метеостанциях Томск и Томск - КТИ Оптика. Метеостанция Томск - КТИ расположена на более открытом месте и соответствует существующим требованиям, предъявляемым к расположению метеостанций. Очевидно, что сезонный ход скоростей ветра совпадает, но средние и максимальные скорости ветра на более открытой станции Томск - КТИ Оптика практически в два раза выше, чем на станции Томск.

Многолетние среднемесячные значения скорости ветра на станции Томск не превышают 2 м/с, на более открытой станции – 3.5 м/с. При этом большие скорости ветра отмечаются в холодное время года. Хотя за рассматриваемый

период отмечается тенденция постепенного уменьшения среднегодовой скорости ветра, но при расчетах ветрового накопления снега необходимо иметь в виду, что скорость ветра на открытом участке может в 1.5-2 раза превышать скорость, зарегистрированную ближайшей метеостанцией.

Данные о среднем числе дней с сильным ветром (≥15 м/с), средний и абсолютный максимум скорости ветра представлены в табл. 1.

Таблица 1. Среднее число дней с ветром ≥15 м/с, средний и абсолютный максимум скорости ветра

Характеристика	Месяц												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Число дней с сильным ветром	0.2	0.1	0.5	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.5	0.5	0.1	2.0	4.5
Средний максимум скорости ветра, м/с	4.7	4.6	5.2	4.8	4.6	3.8	3.4	3.8	4.5	5.2	5.2	4.8	4.5
Абсолютный максимум скорости ветра, м/с	27	22	29	15	24	26	18	15	17	17	16	30	30

В результате исследования характеристик ветра, получено:

• Средний максимум скорости ветра в большинстве случаев составляет 4-6 м/с и практически не превышает 10 м/с.

• В 80% месяцев абсолютный максимум скорости ветра не превышал 15 м/с. Максимальная зафиксированная скорость ветра в срок наблюдений составила 30 м/с (декабрь 2007 г.).

• В годовом ходе значения скорости ветра не претерпели изменений: максимум – в ноябре - марте, минимум – в июле - августе.

• Постепенное снижение скорости ветра в районе Томска подтверждает общую закономерность многолетних изменений скорости ветра, характерную для большей части территории России. Эти изменения, возможно, обусловлены наличием вековой климатической изменчивости макромасштабной атмосферной циркуляции.

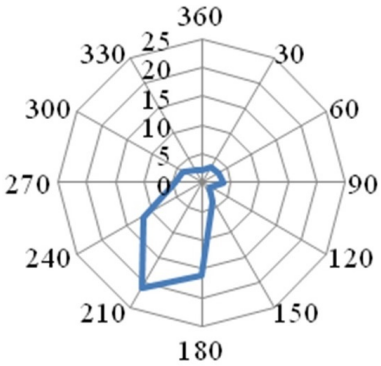
Годовая роза ветров показывает, что преобладающим направлением является юго-западное (200-220°), максимальная повторяемость данного направления наблюдается практически во все месяцы и составляет от 10% в июне до 31.3% в январе. Исключение составляет июль, где максимальную повторяемость составило северо-восточное направление (20-40°). Повторяемость штиля за год составила 7.7% с максимумом 11.5% в августе, реже всего штиль отмечался в ноябре (3.9%). Ветер переменного направления за год составил 14.9%, максимальная повторяемость наблюдалась в июне – 23.2%, минимальная – в ноябре (8.5%).

В табл. 2 приведена повторяемость направления (в 30-градусных секторах) и скорости ветра по градациям, из которой следует, что чаще всего наблюдается ветер со скоростью 3-5 м/с при направлениях 170-190° и 200-220°. Штиль и переменный ветер составили 7.7% и 14.9%, соответственно.

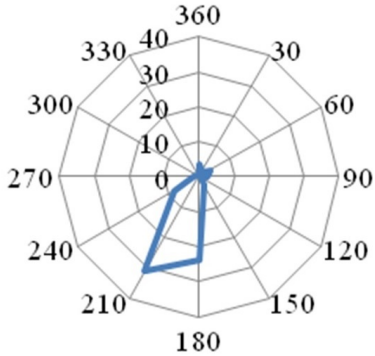
Таблица 2. Общая повторяемость скорости ветра при разных направлениях (%)

Направление ветра	**Скорость ветра, м/с**								
	1-2	**3-5**	**6-7**	**8-10**	**11-12**	**13-15**	**16-17**	**18-20**	**Итого**
20-40	1.1	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
50-70	0.6	2.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
80-100	0.7	3.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7
110-130	0.4	1.0	0.1	0,0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
140-160	0.6	3.0	0.4	0,1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7
170-190	1.3	9.0	3.6	2,0	0.2	0.1	0.0	0.0	16.1
200-220	1.2	9.0	5.7	4.1	0.5	0.3	0.2	0.1	21.1
230-250	1.0	7.0	2.5	1.2	0.2	0.2	0.1	0.1	11.8
260-280	0.8	3.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6
290-310	0.7	3.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7
320-340	0.5	2.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
350-010	0.5	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
штиль									7.7
переменный									14.9
Всего									100%

Средние скорости ветра на исследуемой территории составляют 1.5-2 м/сек. Наблюдается повсеместное снижение скорости ветра, абсолютный максимум скорости ветра не превышал 15 м/с в 80% случаев. Максимальная зафиксированная скорость ветра в срок наблюдений составила 30 м/с в декабре 2007 г. Как видно из рис. 5 преобладающим направлением ветра является юго-западное (200-220°).



а)



б)

Рисунок 5. Диаграмма повторяемости направлений ветра
а – год; б – январь

Характеристики метелей

На территории области метели возможны в период с начала октября до конца мая. К маю на всей территории число дней с метелью резко уменьшается. В этом месяце бывает лишь одна-две метели, они уже не ежегодны, так как к этому времени обычно уже сходит снег.

В табл. 3 приведены средние значения числа дней с метелью на территории Томской области по месяцам за период с 1966 по 2017 гг. Наибольшая активность метелевых процессов наблюдается в декабре и январе, среднее число дней с метелью в эти месяцы достигает значения 5.2.

Таблица 3. Распределение среднего числа дней с метелью по месяцам (1966-2017 гг.)

Станция	Месяц										Год
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	
Александровское		1.8	5.1	5.2	5.2	4.2	4.5	2.3	0.6	0.1	28.9
Напас		0.6	2.0	1.9	1.4	1.7	1.6	0.9	0.1	0.0	10.2
Средний Васюган		0.8	1.8	2.0	2.2	1.8	1.6	0.8	0.2	0.1	11.2
Каргасок	0.04	1.9	5.2	4.9	4.8	4.2	3.8	2.8	1.0	0.0	28.6
Парабель		1.0	2.9	2.6	3.1	2.5	2.6	1.2	0.2	0.0	16.0
Колпашево		1.5	4.0	4.3	4.1	3.4	2.8	1.8	0.3	0.0	22.3
Подгорное		0.4	1.2	2.4	2.3	2.3	1.4	0.6	0.02		10.6
Молчаново		0.9	3.3	3.4	3.3	2.6	2.3	1.0	0.04		16.9
Тегульдет		1.3	4.2	4.7	4.6	3.8	3.2	1.2	0.2		23.2
Бакчар		0.5	1.9	1.9	2.4	2.0	1.6	0.8	0.2		11.2
Первомайское	0.10	1.8	4.3	4.8	4.7	3.7	3.1	1.8	0.4	0.0	24.9
Томск		0.4	2.4	2.8	3.8	2.6	1.6	0.8	0.1		14.6
Кожевниково		0.5	3.4	4.0	4.4	3.3	2.7	1.2	0.1	0.0	19.6

Автор (Бончаковский,1925), исследуя распределение метелей на юго-востоке Западной Сибири, отметили, что в среднем в Новосибирской и Кемеровской области число метелей почти в 3, а в Алтайском крае в 4 раза больше, чем в Томской области.

Для представления о возможных пределах, которых может достигнуть метелевая деятельность в отдельные годы, было подсчитано максимальное число дней с метелью за отдельные годы, месяцы и в целом за рассматриваемый период (табл. 4).

На рис. 6 представлена карта распределения суммарной продолжительности метелей по территории области, картина пространственного распределения числа дней с метелью по исследуемой территории в целом аналогична. Наибольшее число дней с метелью наблюдалось на метеостанциях Кожевниково, Томск, Первомайское, Тегульдет, Александровское, Каргасок, Колпашево. В целом по территории области выделяется зона с повышенным числом дней с метелью, расположенная в пойме реки Оби. Такое распределение объясняется в первую очередь тем, что в этой зоне наблюдаются более высокие скорости ветра.

Таблица 4. Наибольшее число дней с метелью (1966-2017 гг.)

Станция	Наибольшее число дней с метелью										Максимум, число дней, (год)
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	
Александровское		11	17	18	20	16	19	11	6	2	90 (1978)
Напас		5	11	14	13	15	10	6	2	1	41 (1975)
Средний Васюган		6	9	12	11	10	9	6	4	2	46 (1973)
Каргасок	1	11	20	18	19	20	15	16	8	1	102 (1979)
Парабель		8	16	9	12	12	8	8	2	1	52 (1979)
Колпашево		12	20	16	22	17	13	14	3	1	88 (1975)
Подгорное		8	9	11	10	10	8	6	1		46 (1979)
Молчаново		7	16	14	20	17	8	14	2		63 (1979)
Тегульдет		12	19	20	19	22	12	12	2		86 (1979)
Бакчар		6	14	11	15	13	7	8	3		49 (1972)
Первомайское	2	9	18	16	16	20	14	11	5	1	72 (1972)
Томск		7	20	15	17	17	10	11	1		60 (1972)
Кожевниково		10	16	18	19	20	14	12	5	1	62 (1975)

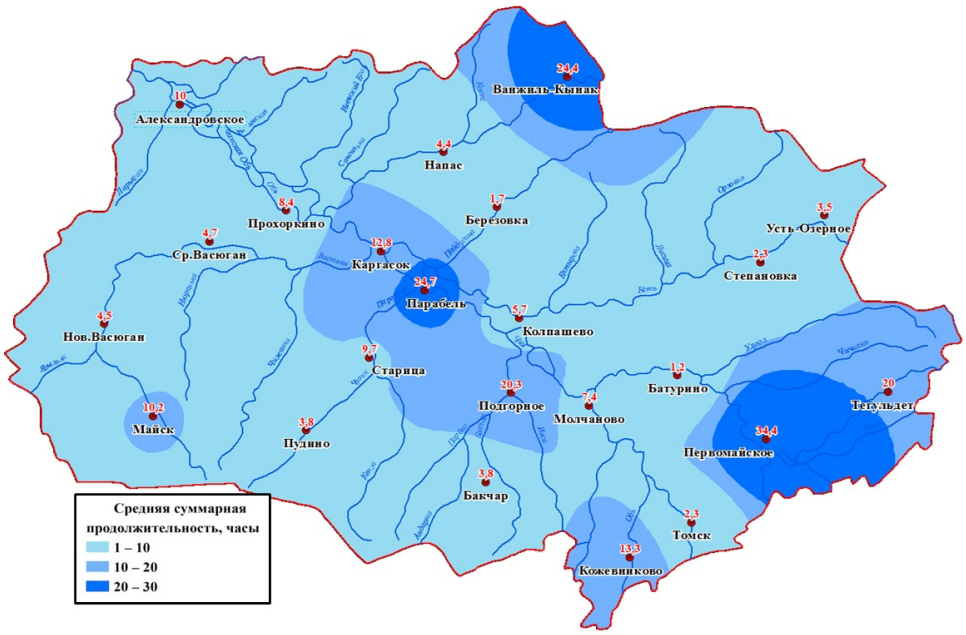


Рисунок 6. Средняя суммарная продолжительность метелей в часах за год на территории Томской области (2000-2017 гг.)

Средняя продолжительность метели в день с метелью по территории области меняется от 1.3 часа (Батурино) до 5.5 часа (Ванжиль-Кынак).

Исследование характеристик метелей позволило выявить следующее:

• На территории области метели возможны в период с начала октября до конца мая.

• Наибольшая активность метелевых процессов наблюдается в декабре и январе, когда в среднем наблюдается до 6 дней с метелью.

• В среднем за год на территории области наблюдается от 10 до 30 дней с метелью, наибольшее число дней с метелью достигает значения 22, при этом максимальное число дней с метелью – 102.

• Средняя продолжительность метели в день с метелью по территории области меняется от 1.3 часа до 5.5 часов.

• В пойме реки Обь выделяется зона с повышенным числом дней с метелью.

• На всей территории области в период с 1984 по 1990 гг. отмечается уменьшение числа дней с метелью, по сравнению с периодом 1936-1980 гг. число дней с метелью уменьшилось, практически, в два раза.

Дискуссия

В настоящее время опубликовано много работ об изменениях за последние десятилетия характеристик снежного покрова Северной Евразии (Булыгина и др., 2011; Второй оценочный доклад Росгидромета…, 2014; Попова, Полякова, 2013; Шмакин, 2010) и Западной Сибири (Дубровская, Патрушева, 2014; Евсеева, Петров, 2001; Евсеева и др.,2016). Однако в этих работах обычно приводятся слишком обобщенные выводы для всей Западной Сибири, либо, наоборот, исследуется небольшая часть Западно-Сибирского региона, не захватывающая Томскую область.

Средние многолетние значения средней высоты снежного покрова в исследуемом регионе меняется от 30 до 50 см (рис. 1). Полученное распределение средней высоты снега указывает на уменьшение данной величины по сравнению с приведенными данными в (Региональный климатический электронный справочник…, 2013), где говорится о высоте 50-80 см более чем на 90% станций области.

Первое появление снежного покрова на большинстве станций Томской области наблюдается в первой декаде октября, что несколько позже, по сравнению с (Региональный климатический электронный справочник…, 2013), где указано, что на данной территории снежный покров появляется с третьей декады сентября. Только на севере области (в районе станции Напас) залегание снежного покрова отмечается в первой декаде сентября. Согласно более ранним исследованиям (Региональный климатический электронный справочник…, 2013), первое появление снежного покрова на данной территории приходится на третью декаду сентября, однако, в настоящей работе получены более поздние сроки (первая декада октября).

Промежуток времени между первым появлением снега и сроком образования устойчивого снежного покрова, полученный в данном исследовании, практически совпадает с указанными в (Региональный климатический электронный справочник…, 2013) 1-1.5 месяцами. В то же время сход снежного покрова происходит быстрее, чем приводится в (Региональный климатический электронный справочник…, 2013), где говорится о сроках до 1.5 меся-

цев. Уменьшение продолжительности залегания снега в Западной Сибири, связанное с изменениями сроков залегания и разрушения снежного покрова, было отмечено во многих современных исследованиях (Второй оценочный доклад Росгидромета…, 2014; Евсеева и др., 2016; Попова, Полякова, 2013; Титкова, Виноградова, 2017; Шмакин, 2010), что не противоречит изменению климатических параметров в последние десятилетия.

Говоря о высоте снежного покрова в Западной Сибири и в Томской области, в том числе, большинство авторов (Булыгина и др. 2011; Второй оценочный доклад Росгидромета…, 2014; Дубровская, Патрушева, 2014; Евсеева, Петров, 2001; Евсеева и др., 2016; Региональный климатический электронный справочник…, 2013) отмечают положительную динамику, как средней высоты снежного покрова, так и максимальной. В работе (Осокин, Сосновский, 2014), напротив, отмечается наличие очагов понижения высоты снега на юго-востоке Западной Сибири. Как видно из результатов настоящей работы, значения высоты снежного покрова меньше, представленных в (Региональный климатический электронный справочник…, 2013), где на большей части Томской области максимальная высота снега достигает 80-95 см, а в отдельных очагах 110 см. Различия в цитируемых исследованиях, и представленных в настоящем исследовании достигают 20 см. Значения высоты снежного покрова также несколько меньше, чем указано в работах других авторов (Булыгина и др., 2011; Евсеева, Петров, 2001; Евсеева и др. 2016; Региональный климатический электронный справочник…, 2013). В докладе Росгидромета (Второй оценочный доклад Росгидромета…, 2014) отмечается рост данной величины на севере и юге Западной Сибири, но указано, что этот процесс имеет место не на всех станциях.

Что касается изменения характеристик ветрового режима, то в настоящей работе отмечено уменьшение среднегодовой скорости ветра. По сравнению со значениями, приведенными в справочнике по климату СССР (Научно-прикладной справочник по климату …, 1993) средние значения скорости ветра уменьшились в 1,5-2 раза. Замеченное снижение скорости ветра на исследуемой территории подтверждает общую закономерность многолетних изменений скорости ветра, характерную для большей части территории РФ (Журавлев, 2001; Журавлев и др., 2009; Журавлев, Задде, 2013; Мещерская и др. 2006).

Полученные результаты характеристик метелевого режима сравнивались с данными Справочника по климату (Научно-прикладной справочник по климату…, 1993) охватывающего период с 1936 по 1980 годы. Средние значения числа дней с метелью за период с 1966 по 2017 гг. в 1.5 раза отличаются от данных справочника. На всех станциях отмечено значительное уменьшение среднегодовой суммы дней с метелью (рис. 7). Динамика изменения числа дней с метелями показывает, что на всех станциях также наблюдается уменьшение этой характеристики, особенно резкое изменение в период с 1984 по 1990 годы. Аналогичные тенденции отмечены и в других регионах (Мещерская и др., 2007).

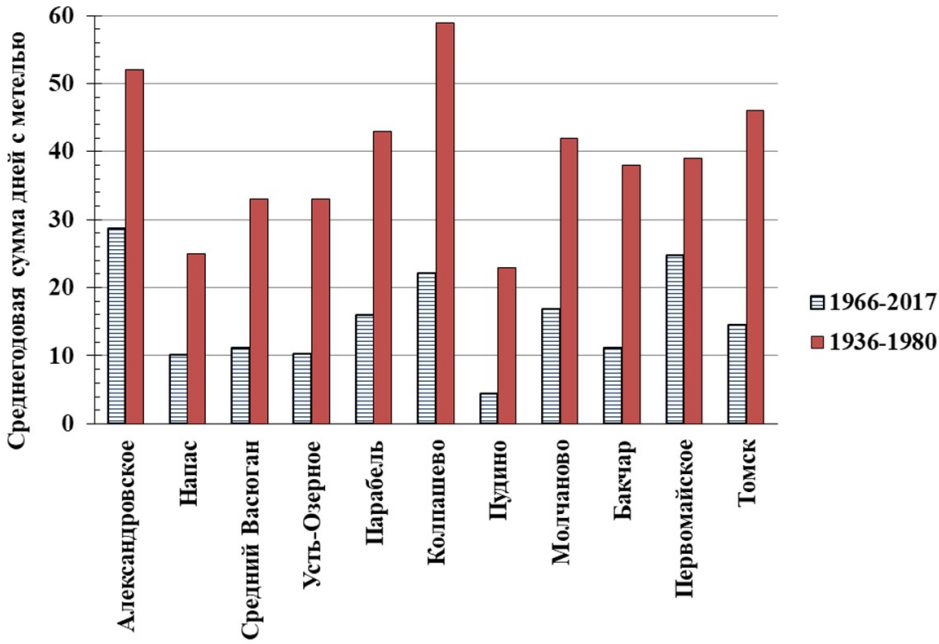


Рисунок 7. Среднегодовая сумма дней с метелью на метеостанциях Томской области за разные периоды времени

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 18-45-700010 р-а

Список литературы

Бончаковский В.Ф. 1925. Метели и поземки. – Труды Центрального аэрогидродинамического института, вып. 11, 78 с.

Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Коршунова Н.Н. 2011. Снежный покров на территории России и его пространственные и временные изменения за период 1966-2010 гг. – Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 24, с. 211-227.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2014. /Под ред. В.В. Ясюкевич, В.А. Говоркова. – М., Росгидромет, 1009 с.

Дробышев А.Д., Кошинский С.Д., Корулина Л.Г., Лучицкая И.О. 1987. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала Ч. 4: Тюменская и Омская области. – Л., Гидрометеоиздат, 222 с.

Дубровская Л.И., Патрушева Н.Е. 2014. Динамика снежного покрова на заболоченных водосборах подтайги и северной лесостепи Западной Сибири. – Географический вестник, № 4(31), с. 54-61.

Евсеева Н.С., Петров А.И. 2001. Динамика залегания снежного покрова на Томь-Яйском междуречье. – В сб.: Вопросы географии Сибири /отв. ред.

В.С. Хромых. – Томск, Изд. Русское географическое общество, Томский отдел, Томский государственный университет, с. 143-151.

Евсеева Н.С., Петров А.И., Кужевская И.В., Харанжевская Ю.А. 2016. Характеристика снежного покрова Томской области. – География и природопользование Сибири, № 21, с. 56-70.

Журавлев Г.Г. 2001. Оценка ветроэнергетического потенциала Томской области. – Вестник Томского государственного университета, № 274, с.141-147.

Журавлев Г.Г., Задде Г.О. 2013. Оценка ветроэнергетического потенциала Кемеровской области. – Вестник Томского государственного университета, № 376, с. 175-181.

Журавлев Г.Г., Задде Г.О., Пахомов С.А. 2009. Ветроэнергетический потенциал Алтайского края. – В сб.: Вопросы географии Сибири, вып. 27. – Томск, Изд-во Томского государственного университета, с. 156-163.

Кижнер Л.И., Серая Н.Ю. 2015. Изменение режима ветра в Томске в начале XXI века. – Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, № 576, с. 102-113.

Кислов А.В., Китаев Л.М., Константинов И.С. 2001. Статистическая структура крупномасштабных особенностей поля снежного покрова. – Метеорология и гидрология, № 8, с. 98-104.

Методические рекомендации по защите и очистке автомобильных дорог от снега ОДМ 218.5.001-2008. 2008. – М., Информавтодор, 100 с.

Мещерская А.В., Еремин В.В., Баранова А.А., Майстрова В.В. 2006. Изменение скорости ветра на севере России во второй половине XX века по приземным и аэрологическим данным. – Метеорология и гидрология, № 3, с. 83-97.

Мещерская А.В., Шевкунова Э.И., Гетман И.Ф. 2007. Повторяемость метелей в 1960–1980-е гг. на водосборе Волги и Урала. – Известия РАН. Серия географическая, вып. 1, с. 35-44.

Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуск 20. Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край. 1993. – СПб., Гидрометеоиздат, 717 с.

Носырева О.В., Соян Д.А. 2017. Снежный покров как фактор развития эрозии почв на юге Томской области. – В сб.: Современные проблемы географии и геологии: к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете, т. 1. – Томск, Томский государственный университет, с. 311-315.

Осокин Н.И., Сосновский А.В. 2014. Пространственная и временная изменчивость толщины и плотности снежного покрова на территории России. – Лёд и Снег, № 4(128), с. 72-80.

Попова В.В., Полякова И.А. 2013. Изменение сроков разрушения устойчивого снежного покрова на севере Евразии в 1936-2008 гг.: влияние глобаль-

ного потепления и роль крупномасштабной атмосферной циркуляции. – Лед и снег, № 2(122), с. 29-39.

Региональный климатический электронный справочник для обслуживания транспортной отрасли экономики по субъектам РФ: Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край и республика Алтай: Отчет о НИР (заключительный). 2013. /Руководитель О.В. Климов. – Новосибирск, СибНИГМИ, 73 с.

Российский гидрометеорологический портал ВНИИГМИ-МЦД. – Электронный ресурс. URL: http://meteo.ru/data (дата обращения 5 сентября 2018).

Справочник дорожного мастера. Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог. 2007. /Под ред. С.Г.Цупикова. – М., Инфра-Инженерия, 928 с.

Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 года. – Электронный ресурс. URL:https://storage.strategyrf.ru/files/uploads/d26d1c678-d151af1fe7ecbe911660f04.pdf (дата обращения 5 сентября 2018).

Титкова Т.Б., Виноградова В.В. 2017. Сроки залегания снежного покрова на территории России в начале XXI в. по спутниковым данным. – Лед и снег, т. 57, № 1, с. 25-33.

Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. – Электронный ресурс. URL: http://government.ru/docs/all/66349/ (дата обращения 5 сентября 2018).

Трифонова Л.И., Изнаирская И.А., Курыгина Л.И. 1982. Климат Томска / под ред. С.Д. Кошинского. – Л., Гидрометеоиздат, 217 с.

Шмакин А.Б. 2010. Климатические характеристики снежного покрова Северной Евразии и их изменения в последние десятилетия. – Лед и снег, № 1(109), с. 43-57.

Статья поступила в редакцию: 23.10.2018 г. *После переработки:01.11.2018 г.*