

ДИНАМИКА МЕТЕЛЕЙ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 11-05-90756-моб_ст и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (соглашение № 14.В37.21.0667).

Проведен анализ характеристик метелей на территории Томской области за период с 1966 по 2011 г. Метели относятся к важным специализированным показателям климатических ресурсов, оказывающим влияние на многие отрасли народного хозяйства (транспорт, сельское хозяйство, авиация и др.). Проведен расчет числа дней с метелью, показана динамика числа дней с метелью, их пространственное распределение, зависимость суммарной продолжительности метелей от числа дней с метелью, сезонный ход метелей. Изучение характеристик метелей на территории Томской области показало, что за последние годы произошло их значительное изменение в сторону уменьшения как числа дней с метелью, так и средней продолжительности метелей. Сравнение средней продолжительности по периодам показывает, что продолжительность метелей на станции Александровское уменьшилась в 2,6 раза, Колпашево – в 2,7 раза, Пудино – 1,4 раза и на станции Томск – в 3,6 раза.

Ключевые слова: климатические ресурсы; число дней с метелью; продолжительность метелей.

Воздействия неблагоприятных гидрометеорологических и климатических условий на отрасли экономики неизбежно приводят к потерям. Обеспечение надежности и устойчивого развития отраслей экономики в различных природно-климатических условиях требует изучения различных природных ресурсов, одним из которых является климат. Ресурсный подход к изучению климата позволяет учитывать климатические факторы при функционировании многих отраслей народного хозяйства. В частности, к основным специализированным показателям климатических ресурсов для автомобильного и железнодорожного транспорта относят число дней с метелями и туманами [1]. Туманы и метели непосредственно влияют на состояние дорожного покрытия и видимость на дорогах, существенно сокращая скорость движения наземного транспорта. На борьбу со снежными заносами, возникающими при метелях, тратятся значительные материальные средства. Переноса снег, метели и поземки оголяют большие участки на полях и этим наносят большой ущерб сельскому хозяйству. В районах отгонного животноводства метели нарушают условия нормального выпаса скота. Поэтому изучение характеристик этого атмосферного явления имеет большое значение для экономического планирования работы транспорта и других отраслей народного хозяйства.

Исследования метелей предпринимались еще во второй половине XVIII в. и были обусловлены необходимостью создавать защитные сооружения для развивающейся сети железных дорог. Одна из первых статей на эту тему в России была опубликована в 1878 г. Э.Д. Золотницким [2]. В начале XIX в. Н.Е. Долгов сформулировал основные принципы метелевого переноса [3]: метель начинается при вполне определенных для данных условий состояниях снежной поверхности, скорости ветра; снежные частицы, принимающие участие в изменении микрорельефа поверхности, находятся в непосредственной близости к земле.

В начале прошлого столетия большое внимание уделяется также исследованию возникновения и эволюции метелей в различных барических системах. Анализ ежедневных синоптических карт для ЕТР позволил выявить наиболее часто встречающиеся при ме-

телях барические положения, а также характерные черты изменения микробарической структуры при метелях [4].

Условия образования метелей. Метели обычно возникают при прохождении фронтов и увеличении барических градиентов. Наиболее сильные метели возникают при прохождении южных циклонов перед теплыми фронтами. Наибольшее развитие метелей происходит при приближении циклона к усиливающемуся антициклону, что сопровождается большим увеличением горизонтальных барических градиентов и усилением ветра. Образование больших барических градиентов впереди циклона обычно приводит к расширению зоны метелей, так как при усилении ветра поземки и низовые метели начинаются еще задолго до прохождения теплого фронта. Иногда метели возникают и в тылу циклонов при прохождении холодных фронтов.

Поземки, в отличие от общих метелей, сопровождающихся снегопадами при прохождении циклонов и фронтов, чаще наблюдаются в области антициклона. Поземные метели обычно наблюдаются при более низких температурах, когда снег сухой. В этих случаях достаточно небольшого усиления ветра, чтобы возникла поземная метель. На деятельность метелей большое влияние оказывают местные условия, особенно защищенность пункта, которая оказывает влияние на скорость ветра. Поэтому в зависимости от степени защищенности или открытости станции частота метелей значительно меняется. Это особенно сильно проявляется в последние годы, так как защищенность многих метеостанций значительно возросла (застройка близлежащей территории и т.п.).

В защищенных от ветра пониженных местах, на лесных полянах метели наблюдаются значительно реже, чем на открытых местах и склонах возвышенностей, поэтому даже сравнительно невысокие возвышенности выделяются увеличенным числом дней с метелями.

В холмистых районах распределение числа дней с метелями зависит от степени защищенности пункта, формы рельефа, экспозиции склона, высоты над уровнем моря. На наветренных склонах возвышенностей число дней с метелями значительно больше, чем на подветренных склонах. Практически важными являют-

ся направление и скорость ветра при метелях. Под влиянием орографии направление преобладающего при метелях ветра в отдельных пунктах может несколько отклоняться от характерного для района направления.

В Западной Сибири метели обычно наблюдаются при смещении циклонов с северо-запада – с Баренцева моря через юг Карского моря на нижнее и среднее течение Оби и до предгорья Саян. Метели Западной Сибири обычно очень интенсивны. Они развиваются с одинаковой силой перед теплыми и за холодными фронтами, а при прохождении вторичных холодных фронтов довольно часто имеют шквалистый характер.

Метели в Западной Сибири наблюдаются и при прорыве на территорию южных циклонов. Длительный приток теплых масс осуществляется при южном положении Сибирского антициклона, когда огибающий его воздушный поток попадает в южные широты, нагревается там от теплой подстилающей поверхности и возвращается в умеренные широты материка Евразия в виде теплой массы. Южные циклоны на Западную Сибирь выходят, как правило, с Каспийского и Аральского морей. Метели при этом развиваются сначала в Казахстане, а затем в Западной Сибири и даже на восточных склонах Урала. Скорости движения циклонов велики, поэтому метели не бывают продолжительными (1–3 дня), но занимают обширную зону и достаточно интенсивны.

Циклоны, пришедшие в Западную Сибирь с запада, начинают здесь углубляться (регенерировать), меняя свое направление в сторону востока – северо-востока. Метели, связанные с этим процессом, весьма длительны и интенсивны, нередко при таких процессах метели

развиваются в тылу циклонов за их холодным фронтом. Эти наиболее интенсивные метели с сильными шквалистыми ветрами наблюдаются при низкой температуре воздуха.

Материалы исследования и результаты расчетов. Материалом для исследования послужили данные метеорологических ежемесячников (выпуск 20, часть 2) по 23 станциям Томской области за период 1966–2011 гг. Были рассчитаны основные статистические характеристики числа дней с метелью по месяцам и в целом за год, динамика числа дней с метелью, пространственное распределение, характеристики продолжительности метелей в день с метелью.

В табл. 1 приведены средние значения числа дней с метелью на территории Томской области по месяцам за рассматриваемый период (сезонный ход). Наибольшая активность метелевых процессов наблюдается в декабре и январе, среднее число дней с метелью в эти месяцы достигает 5,8. На территории области метели возможны 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 сходит снег. Для представления о возможных пределах, которых может достигнуть метелевая деятельность в отдельные годы, было подсчитано максимальное число дней за отдельные годы, месяцы и в целом за рассматриваемый период. Максимальное значение числа дней с метелью в отдельные годы достигало 20–22 дней в месяц (ст. Колпашево, Тегульдет, Каргасок, Молчаново, Александровское и др.).

Таблица 1

Распределение среднего числа дней с метелью по месяцам и за год (1966–2011 гг.)

Станция	Месяц									Год
	I	II	III	IV	V	VI–IX	X	XI	XII	
Александровское	5,8	4,7	5,1	2,5	0,7	0,0	2,1	5,8	5,8	2,7
Ванжиль-Кынак	1,3	1,0	1,3	1,0	0,2	0,0	0,1	1,1	1,1	0,6
Напас	1,6	1,9	1,7	1,0	0,1	0,0	0,7	2,2	2,1	0,9
Прохоркино	2,0	1,5	1,2	1,0	0,3	0,0	0,7	2,0	1,9	0,9
Березовка	2,1	1,9	1,9	1,0	0,1	0,0	0,4	1,7	1,9	0,9
Средний Васюган	2,5	2,0	1,7	0,9	0,2	0,0	0,8	2,0	2,1	1,0
Каргасок	5,3	4,5	4,2	3,1	1,1	0,0	2,2	5,8	5,4	2,6
Усть-Озерное	2,2	1,9	1,8	1,0	0,1	0,0	0,5	2,2	1,8	1,0
Парабель	3,5	2,6	2,7	1,3	0,2	0,0	1,1	3,2	2,8	1,4
Новый Васюган	1,8	1,5	1,2	0,8	0,4	0,0	0,7	1,7	1,4	0,8
Степановка	2,0	1,4	1,3	1,0	0,1	0,0	0,6	1,6	1,8	0,8
Колпашево	4,6	3,7	3,1	2,0	0,3	0,0	1,7	4,5	4,6	2,0
Старица	1,6	1,9	1,7	0,7	0,0	0,0	0,3	1,7	2,0	0,8
Майск	1,0	1,4	1,0	0,4	0,2	0,0	0,3	1,1	0,8	0,5
Подгорное	2,6	2,6	1,5	0,8	0,0	0,0	0,4	1,4	2,8	1,0
Батурино	1,4	0,7	0,7	0,2	0,1	0,0	0,1	0,8	0,9	0,4
Пудино	0,7	0,8	0,6	0,3	0,0	0,0	0,4	1,0	1,0	0,4
Молчаново	3,7	2,8	2,4	1,1	0,0	0,0	1,0	3,7	3,8	1,5
Тегульдет	5,2	4,3	3,5	1,3	0,2	0,0	1,5	4,7	5,2	2,2
Бакчар	2,7	2,2	1,7	0,9	0,2	0,0	0,5	2,2	2,1	1,0
Первомайское	5,2	4,0	3,4	2,0	0,5	0,0	2,1	4,9	5,1	2,3
Томск	4,4	2,9	1,8	1,0	0,1	0,0	0,5	2,7	3,1	1,3
Кожевниково	4,9	3,7	2,9	1,3	0,1	0,0	0,6	3,8	4,3	1,8

Для оценки пространственного распределения числа дней с метелью были построены карты-схемы. Для построения карт использовался модуль Geostatistical Analyst программы ArcGis 9.3.1. При построении поверхности распределения числа дней с метелью использовался ординарный кригинг. На рис. 1 показано

распределение среднего числа дней с метелью для января. Анализ распределения показывает, что 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 числа дней с метелью. Она расположена в пойме р. Оби. Такое распределение определяется в первую очередь тем, что в этой зоне наблюдаются более высокие скорости ветра.

Для исследования изменений характеристик метелей была рассмотрена среднегодовая сумма числа дней с метелью на станциях Томской области за период с 1966 по 2011 г. Полученные результаты сравнивались с данными Справочника по климату [5] за период с 1936 по 1980 г. На рис. 2 показаны результаты сравнения суммы дней с метелью с данными Справочника по соответствующим метеостанциям. На всех рассмотренных станциях отмечено значительное уменьшение среднегодовой суммы дней с метелью. Так, на станции Алек-

сандровское уменьшение составило 1,6 раза, на станции Пудино – 4,7 раза и т.д.

Так как возникновение метелей в первую очередь связано с режимом ветра, были также рассмотрены характеристики ветра на этих станциях. Анализ изменения скоростей ветра показал, что среднегодовая скорость ветра практически на всех станциях Томской области уменьшилась. Уменьшение скорости ветра на территории России отмечено и другими авторами. Причины такого уменьшения делят на несколько групп. К *первой группе* (наиболее значимой) относят увеличение защищенности метеорологических площадок вследствие роста деревьев и застройки окружающей территории.

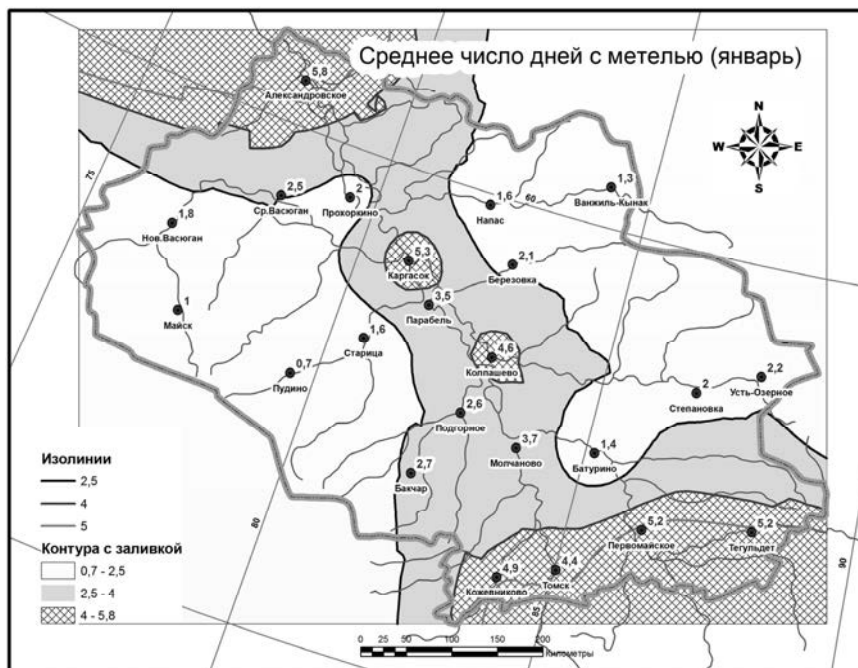


Рис. 1. Распределение среднего числа дней с метелью на территории Томской области

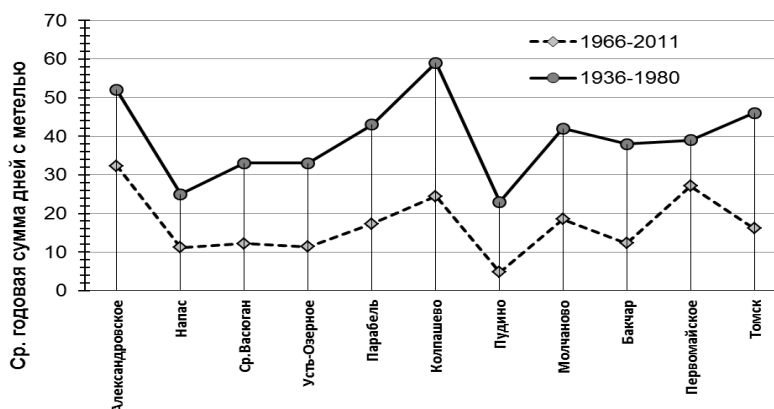


Рис. 2. Сравнение суммы дней с метелью на метеостанциях Томской области за разные периоды наблюдений

Для примера можно привести сравнение средней и максимальной скоростей ветра на метеостанции Томск (которую планировали перенести на более открытое место) и планировавшейся новой метеостанции Томск – КТИ Оптика. В этот период проводились параллельные наблюдения на этих метеостанциях. На

рис. 3 приведены графики средней и максимальной скоростей ветра на сравниваемых станциях за 1996 г.

Сравнение графиков показывает, что сезонный ход скоростей ветра совпадает, но средние скорости ветра на более открытой станции Томск – КТИ Оптика практически в два раза выше, чем на станции Томск. Мак-

симальные скорости также выше. Коэффициент корреляции для рядов скорости ветра составляет 0,9.

Ко *второй группе* относят изменение режима общей циркуляции атмосферы (но этот факт в некоторых работах опровергается: например, в статье [6] показано, что при изучении среднегодовой скорости ветра на изобарических

поверхностях 850, 500 и 359 гПа для станций, расположенных на севере России, выявлено, что ни на одной аэрологической станции скорость ветра на высотах не уменьшилась). Еще одна причина уменьшения скорости ветра – это тенденция к падению атмосферного давления. Для Западной Сибири эти тенденции выявлены в работе [7].

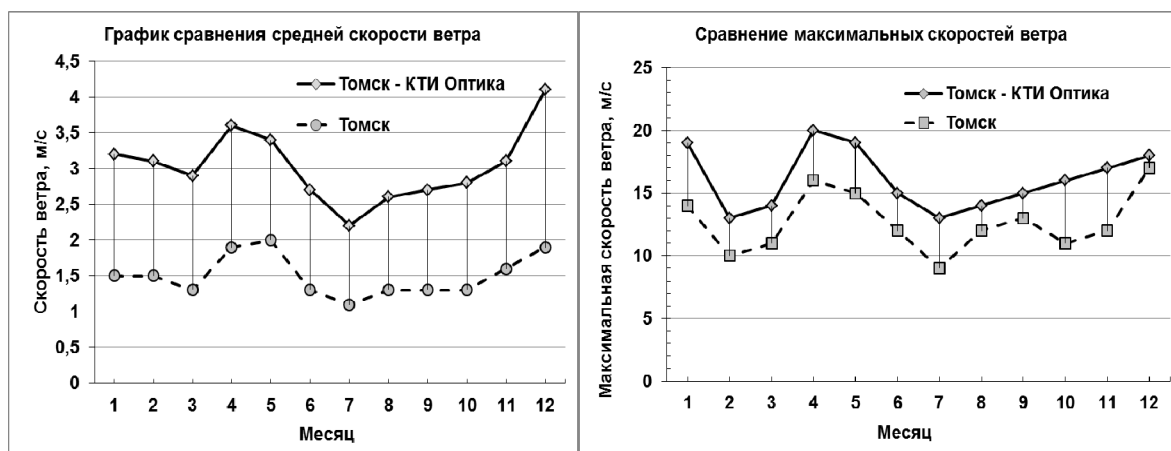


Рис. 3. Сравнение скоростей ветра на станции Томск и Томск – КТИ Оптика (1996 г.)

При изучении динамики числа дней с метелью были построены графики среднего числа дней с метелью по годам за рассматриваемый период. На рис. 4 и 5 показана динамика числа дней с метелью на метеостанциях, расположенных в разных частях области: Бакчар, Томск, Первомайское, Кожевниково и Александровское, Кургасок, Колпашево Молчаново. Динамика изменения числа дней с метелями за рассматриваемый

период показывает, что на всех станциях также наблюдается уменьшение этой характеристики, особенно резкое изменение с 1984 по 1990 г. В последние годы среднее число дней с метелью уменьшилось в 3–6 и более раз. Выяснение причин таких изменений требует дополнительных исследований. Необходимо проверить изменение защищенности метеостанций, качество наблюдений за данным атмосферным явлением.

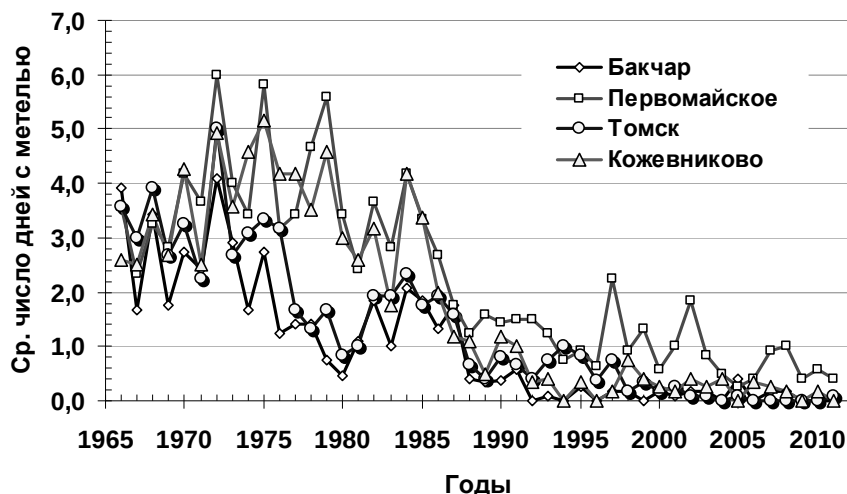


Рис. 4. Динамика среднего числа дней с метелью

Аналогичные тенденции отмечены и в других регионах. Так, в работе [8] анализируются три характеристики метелей: число дней с метелью (M), число часов с метелью (m) и продолжительность метелей в день с метелью (L). Рассмотрены линейные тренды повторяемости общих метелей в декабре – феврале 1963–1990 гг. Показано, что за рассматриваемый период почти на всех станциях линейные тренды всех трех характеристик метелей *отрицательны*. Продолжительность метелей в день с метелью тоже уменьшилась, но существенно меньше: в 1,1; 1,2 и 1,8 раза в I, II и III зонах. Выявлено, что в течение

1961–1990 гг. повторяемость скоростей ветра в диапазоне 6–9 м/с уменьшилась на 47, 46, 79 и 66% соответственно в Вологде, Павелце, Самаре и Александровске-Гое. Уменьшение повторяемости больших скоростей ветра ($V > 10$ м/с) проявляется еще сильнее. Уменьшение повторяемости метелей и больших скоростей ветра за рассматриваемый период, как поясняют авторы, вызывается общими причинами как природного, так и антропогенного характера.

И.Н. Шпока [9], исследуя многолетний ход метелей на территории Средней Припяти, выявил, что на вто-

рую половину 70-х – начало 80-х гг. XX в. приходится максимальное количество дней с метелями, а в начале 1990-х гг. наблюдается минимальное количество дней с метелями. По его предположениям, это связано с тем, что с 1988 г. началось современное потепление, особенно выраженное в холодное время года. Среднее количество дней с метелями на территории Средней

Припяти в период с 1975 по 2008 г. составляет 6,0 дней. В период с 1975 по 1987 г. отмечалось около 10 дней с метелями. Это статистически значимо различается по сравнению со вторым периодом (1988–2008 гг.) и составляет 3,3 дня. Практически по всем метеостанциям отмечается значительное уменьшение количества дней с метелями.

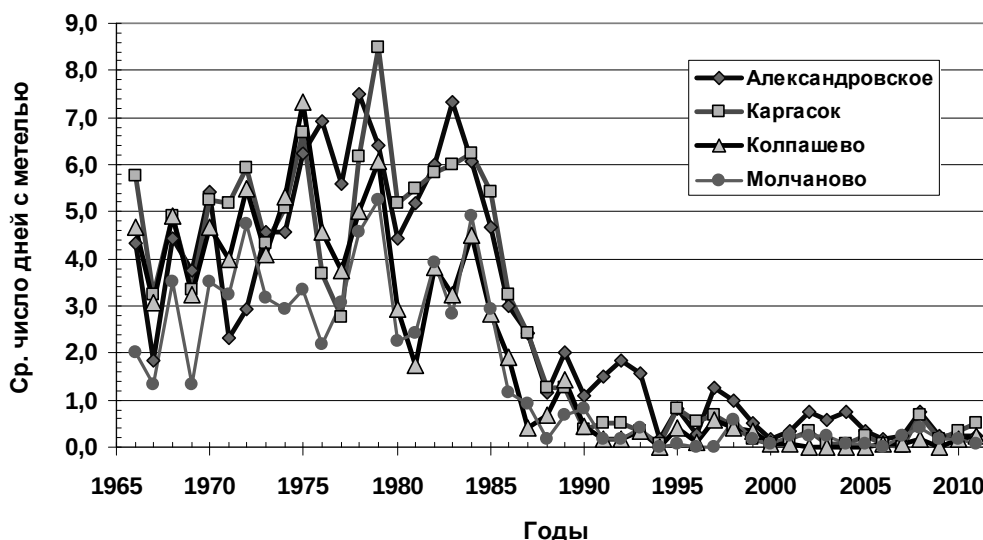


Рис. 5. Динамика среднего числа дней с метелью (1966–2011 гг.)

Важной характеристикой метелей является их продолжительность. Для изучения продолжительности метелей был использован более короткий ряд данных: с 2000 по 2011 г. Была рассчитана суммарная продолжительность метелей в часах за рассматриваемый период, средняя продолжительность метели в день с метелью. В табл. 2 приведены данные о продолжительности метелей на территории области.

Суммарная продолжительность метелей за указанный период оказывается наибольшей на следующих метеостанциях: Первомайское (517 ч), Ванжиль-Кынак (435 ч), Подгорное (324 ч). Минимум суммарной продолжительности метелей наблюдался на станциях Березовка (19 ч), Томск (23 ч), Колпашево (30 ч).

Средняя продолжительность метели в день с метелью по территории области меняется от 2,6 ч (Томск, Молчаново) до 5,6 ч (Прохоркино). На рис. 6 показана карта распределения средней продолжительности метелей по территории области.

Для сравнительной оценки средней продолжительности метели в день с метелью за современный период (2000–2011 гг.) и прошлый период (1936–1980 гг.) были также использованы данные Справочника по климату [5], в нем имеются сведения по продолжительности метелей в день с метелью только по четырем станциям Томской области: Александровское, Колпашево, Пудино, Томск.

По современным данным была рассчитана зависимость суммарной продолжительности метелей от числа дней с метелью (рис. 7). Коэффициент корреляции между числом дней с метелью и суммарной продолжительностью метелей составил 0,97.

Такая зависимость может быть использована для определения суммарной продолжительности метелей по числу дней с метелью.

Изучение характеристик метелей на территории Томской области показало, что за последние годы произошло их значительное изменение в сторону уменьшения как числа дней с метелью, так и средней продолжительности метелей. Сравнение средней продолжительности по периодам (табл. 2) показывает, что продолжительность метелей на станции Александровское уменьшилась в 2,6 раза, Колпашево – в 2,7 раза, Пудино – 1,4 раза и на станции Томск – в 3,6 раза.

На всех рассмотренных станциях отмечено значительное уменьшение среднегодовой суммы дней с метелью. Так, на станции Александровское уменьшение составило 1,6 раза, на станции Пудино – 4,7 раза и т.д.

Причины таких изменений до сих пор не выяснены, хотя многие авторы выдвигают вполне достоверные предположения:

- 1) увеличение защищенности метеорологических площадок вследствие роста деревьев и застройки окружающей территории, что приводит к уменьшению скорости ветра;
- 2) изменение режима общей циркуляции атмосферы;
- 3) тенденция к падению атмосферного давления и ослаблению градиентов в поле приземного давления (для Западной Сибири она выявлена в работе [7]). Однако, как утверждают авторы [10], эти исследования не дали сколько-нибудь обоснованных результатов;
- 4) методические факторы: измерения ветра различными приборами [10].

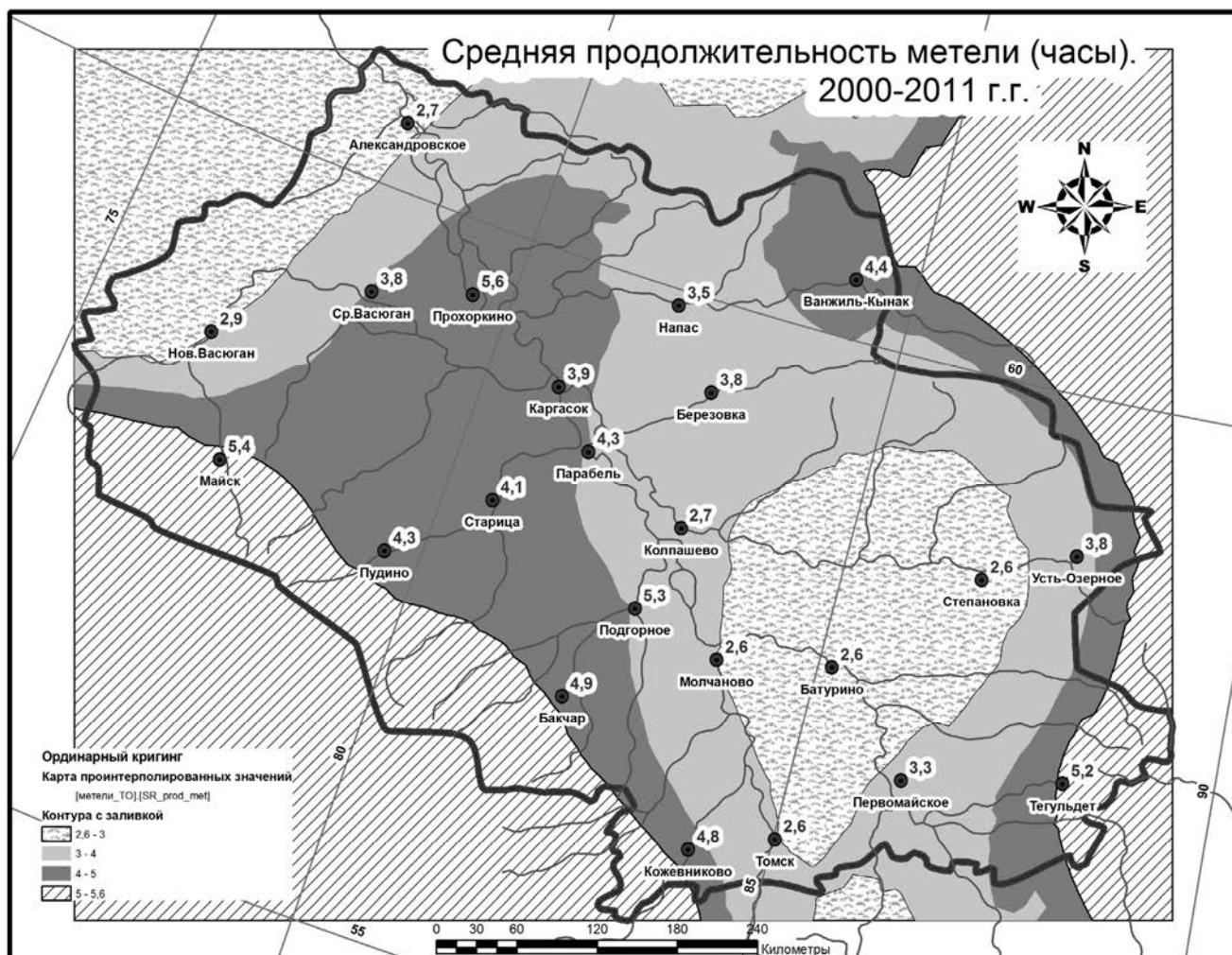


Рис. 6. Средняя продолжительность метелей на территории Томской области (2000–2011 гг.), ч

Таблица 2

Характеристики продолжительности метелей

Станция	Суммарная продолжительность, ч	Ср. продолжительность метели, ч (2000–2011 гг.) T1	Ср. продолжительность метели, ч (1936–1980 гг.) T2	Изменение ср. продолжительности, T2/T1
Александровское	159	2,7	7,1	2,6
Ванжиль-Кынак	435	4,4		
Напас	42	3,5		
Прохоркино	151	5,6		
Березовка	19	3,8		
Средний Васюган	53	3,8		
Каргасок	128	3,9		
Усть-Озерное	61	3,8		
Парабель	291	4,3		
Новый Васюган	47	2,9		
Степановка	36	2,6		
Колпашево	30	2,7	7,4	2,7
Старица	90	4,1		
Майск	124	5,4		
Подгорное	324	5,3		
Батурино	–	–		
Пудино	43	4,3	5,9	1,4
Молчаново	66	2,6		
Тегульдет	285	5,2		
Первомайское	517	4,9		
Бакчар	52	3,3		
Томск	23	2,6	9,5	3,6
Кожевниково	138	4,8		

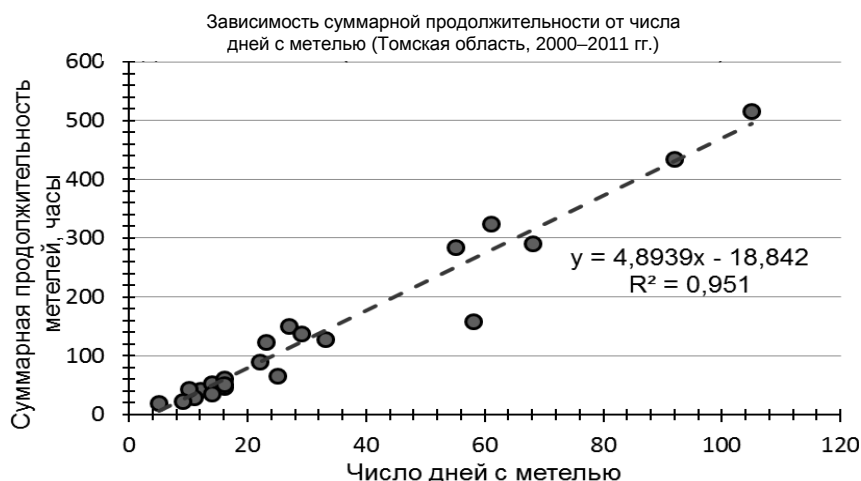


Рис. 7. Зависимость суммарной продолжительности метелей от числа дней с метелью

Учитывая большое влияние метелей на развитие народного хозяйства, следует направить усилия на выявление действительных причин таких колебаний характеристик метелей. Это позволит более точно учитывать эти характеристики при планировании работы транспорта и других отраслей в зимнее время.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации* / под ред. Н.В. Кобышевой, К.Ш. Хайруллина. СПб. : Гидрометеониздат, 2005. 320 с.
2. Золотницкий Э.Д. О снежных заносах // Журнал Министерства путей сообщения (часть неофициальная). 1878. Т. 4, кн. 1.
3. Долгов Н.Е. Борьба со снегом на русских железных дорогах. Екатеринбург, 1909. Вып. 1. 48 с.
4. Бончаковский В.Ф. Метели и поземки // Труды Центрального аэрогидродинамического института. 1925. Вып. 11. 78 с.
5. *Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные.* СПб. : Гидрометеониздат, 1993. Ч. 1–3, вып. 20. 718 с.
6. Меццеская А.В., Еремин В.В., Баранова А.А., Майстрова В.В. Изменение скорости ветра на севере России во второй половине XX века по приземным и аэрологическим данным // Метеорология и гидрология. 2006. № 3. С. 83–97.
7. Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Комаров А.И., Кусков А.И. Современные природно-климатические изменения в Сибири: ход среднегодовых приземных температур и давления // География и природные ресурсы. 2004. № 3. С. 90–96.
8. Меццеская А.В., Шевкунова Э.И., Гетман И.Ф. Повторяемость метелей в 1960–1980-е гг. на водосборе Волги и Урала // Известия РАН. Сер. географическая. 2007. Вып. 1. С. 35–44.
9. Шпока И.Н. Особенности распространения метелей и сильного снегопада на территории Средней Припяти // Актуальные проблемы современной геологии, геохимии и географии : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. / редкол.: М.А. Богдасаров (гл. ред.) [и др.]. Брест : БрГУ, 2011. Ч. 2: География, природопользование. С. 198–200.
10. Луцицкая О.И., Белая Н.И. Режим сильных ветров и риски ущерба от их воздействия на территории юго-востока Западной Сибири // Труды Сибирского регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института. Вып. 106: Проблемы гидрометеорологических прогнозов, экологии, климата Сибири (к 40-летию образования СибНИГМИ). Новосибирск, 2001. С. 69–88.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 11 января 2013 г.