

МЕТЕОРОЛОГИЯ, КЛИМАТОЛОГИЯ

УДК 551.574.42

НАЗЕМНОЕ ОБЛЕДЕНЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.К. Барашкова, Л.И. Кижнер, М.А. Волкова, О.В. Носырева

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия



На основе анализа данных метеорологических наблюдений на территории Томской области в последние 20 лет получены новые климатические характеристики пространственно-временного изменения гололедно-изморозевых явлений. Приводится информация об интенсивности видов отложений (большой диаметр, вес), продолжительности фазы нарастания и в целом явления, имеющей важное значение для транспортной и энергетической отраслей. Выявленные метеорологические и синоптические условия образования различных видов наземного обледенения необходимы как для более уверенного их диагноза, так и для усовершенствования способов их прогноза.

Ключевые слова: гололед, зернистая и кристаллическая изморозь, мокрый снег, гололедица, повторяемость, продолжительность, интенсивность.

Введение

Под наземным обледенением (синонимы: гололедно-изморозевые явления – ГИЯ, гололедно-изморозевые отложения – ГИО) понимается покрытие предметов или поверхности Земли льдом любой структуры или мокрым снегом. Основными видами покрытия являются гололед, зернистая и кристаллическая изморозь, отложение мокрого снега, замерзшее отложение мокрого снега, замерзшая вода, замерзшая роса, твердый налет, иней [Наставление..., 1985]. В зависимости от причины образования льда А.Д. Заморский [Заморский, 1951] разделял их на три группы. К первой группе относятся иней, кристаллическая изморозь, твердый налет и другие явления, образование которых обусловлено отрицательной температурой предмета, более низкой, чем температура воздуха. Во вторую группу объединены гололед и плотная изморозь, определяемые главным образом преобразованием в лед капельной воды, находящейся в воздухе. В третью группу входят замерзшая вода, замерзшая роса, оледенелый мокрый снег, т.е. те виды, образование которых происходит вследствие замерзания обычной непереохлажденной воды при переходе от положительных значений температуры воздуха к отрицательным. В эту группу входит и «брызговый лед», который возникает на набережных, портовых сооружениях, судах вследствие намерзания брызг воды, приносимых сильным штормовым ветром с водоема при температуре воздуха ниже 0°C. ГИО являются также гололедица (лед или обледеневший снег на поверхности земли, дорожном покрытии) и снежный накат, т.е. уплотнение и обледенение снега в результате движения автомобильного транспорта. Заметим, что гололедица

(ГЛД) наблюдается только на поверхности земли и образуется вследствие намерзания дождя, мороси, капель густого тумана, мокрого снега, талой воды [Наставление..., 1985]. Явление формируется после оттепели или дождя в результате похолодания, а также вследствие намерзания мокрого снега, дождя или мороси при соприкосновении с сильно охлажденной поверхностью [Российский..., 2008].

ГИЯ относятся к числу опасных для функционирования многих хозяйственных отраслей (энергетика, транспорт, сельское хозяйство), а также для населения. Наиболее опасными считаются отложения в виде гололеда (ГЛ), оледенелого мокрого снега (ОМС), зернистой (ИЗ) и кристаллической изморози (ИК). Возникновение их связано с определенными метеорологическими условиями, которые формируются на атмосферных фронтах и в однородных воздушных массах [Дробышев и др., 1979; Коршунов, Филиппов, 2002; Андреева, 2006].

В настоящей статье авторы не дают описания структуры видов наземного обледенения, физики их возникновения, которые приводятся в учебной, методической и научной литературе. Отметим лишь, что существующее в настоящее время разделение явлений по видам отложения льда, основанное на физических закономерностях фазовых преобразований воды в атмосфере, создавалось постепенно с конца XIX и до начала XX столетий. Обзор по истории развития представлений о ГИЯ и факторах, влияющих на повторяемость и интенсивность отложений, не потерявший своей актуальности и подготовленный при участии К.Г. Абрамович, одного из наиболее компетентных отечественных ученых по проблеме обледенения, приводится в [Гаголка, 1975].

Изученность гололедно-изморозевых явлений в Томской области

Для территории Томской области последние публикации по данной теме относятся к 1980-м гг. [Гаголка, 1981]. Указывалось, что ГИЯ наблюдаются с сентября по май. На осенний период приходится до 75% случаев гололеда, весной повторяемость существенно меньше, что является следствием циркуляционных и синоптических процессов, с которыми связано выпадение осадков – одного из необходимых условий процесса гололедообразования – в холодный период года в Западной Сибири. Так, в первую половину этого периода здесь выпадает до 70% всего зимнего количества осадков, февраль–март являются наиболее засушливыми месяцами года [Орлова, 1962; Барашкова, Волкова, Кужевская, 2015]. Таким образом, прослеживалась прямо пропорциональная зависимость между повторяемостью ГИО и количеством выпадающих осадков.

Частота и интенсивность наземного обледенения существенно зависят от физико-географических условий местности – залесенности, орографии, заболоченности, близости водных поверхностей. Томская область, занимающая юго-восточную часть Западно-Сибирской низменности, представляет собой плоскую равнину, слегка приподнятую на юго-восток, с перепадом высот в 100–130 м и абсолютным максимумом высоты, равным 258 м (в отрогах Кузнецкого Алатау). Кроме того, на территории области отсутствуют пункты инструментального наблюдения за ГИЯ на высотах более 140 м. Связь повторяемости ГИО с относительной высотой метеостанции в Томской области оказалась очень слабой [Гаголка, 1981] и перекрывается влиянием фронта (в случае фронтальных отложений) или характера подстилающей поверхности, например близостью боль-

ших водоемов, повышающих влагосодержание воздуха. Так, левобережная часть р. Оби, наиболее заболоченная и имеющая относительные высоты местности на 50–70 м ниже, чем в правобережной части, более подвержена образованию изморози.

По толщине стенки гололеда, превышаемой 1 раз в 5 лет, Томская область относилась к 1-му, слабогололедному, району (диаметр отложения (d) колеблется от 3 до 5 мм) [СП..., 2017]. В то же время в [Гаголка, 1981] показано, что на территории преобладают отложения с диаметром не менее 10 мм, иногда достигающим 30–40 мм. Кроме того, повторяемость синоптических процессов и условий погоды, благоприятствующих гололедообразованию в переходные сезоны года (активный циклогенез, наибольшая в году повторяемость прохождения основных, хорошо выраженных фронтов с волнами [Орлова, 1962; Тунаев, Горбатенко, Поднебесных, 2017], наличие переохлажденных осадков и достаточная увлажненность подстилающей поверхности, способствующая туманообразованию), довольно значительна и является косвенным показателем большей, чем это нашло отражение в СП, повторяемости явлений наземного обледенения. Влияет на частоту фиксации ГИЯ, нередко относящихся к разряду локальных, и недостаточная освещенность территории сетью метеорологических наблюдений.

Цель исследования, исходный материал

Современный климат Томской области с наблюдающейся тенденцией к потеплению [Второй... 2014; Барашкова, Волкова, Кужевская, 2015; Барашкова, Кужевская, Носырева, 2015] требует уточнения существующих климатических характеристик ГИЯ (пространственно-временная повторяемость, интенсивность) и условий, в которых явления возникают.

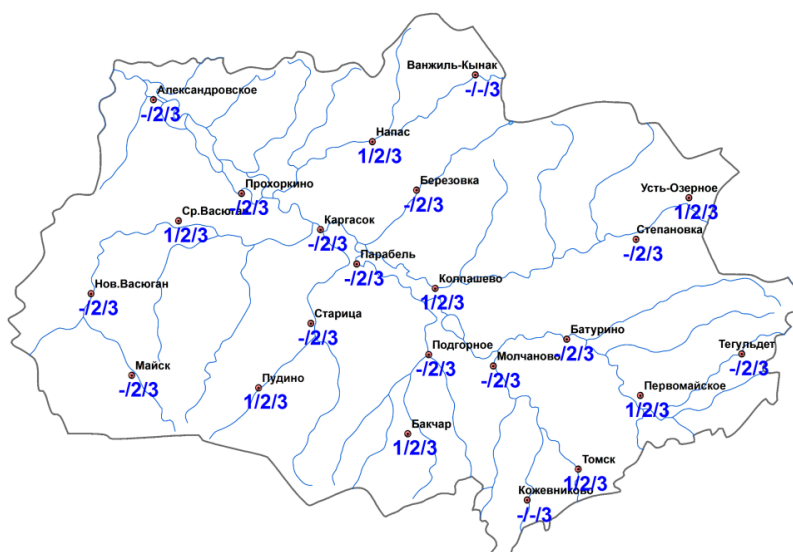


Рис. 1. Расположение пунктов наблюдений за ГИЯ на территории Томской области в используемых массивах данных: 1 – 2000–2017, 2 – 2007–2012, 3 – 2013–2018 гг.

Fig. 1. Location of GI observation stations on the territory of the Tomsk Region in the data sets used: 1 – 2000–2017, 2 – 2007–2012, 3 – 2013–2018

В этой информации особенно заинтересованы энергетическая и транспортная отрасли региона. С целью получения такой информации авторами проанализирован массив данных наблюдений за гололедом, зернистой и кристаллической изморозью, гололедами за период 2000–2017 гг. по 8 метеорологическим станциям, используемым для оценки климатических изменений и представленным в архиве ВНИИГМИ-МЦД [Всероссийский..., 2019]. Полученные «фоновые» результаты уточнены:

– по данным инструментальных наблюдений на всех метеорологических станциях области за ГЛ, ОМС, ИЗ и ИК в 2007–2012 гг. (рис. 1) [Метеорологический..., 2007–2012];

– по данным визуальных наблюдений за 2013–2018 гг. из Банка штормовых оповещений, предоставленных Томским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета. Привлеченные три массива информации анализировались как отдельно, так и совместно по некоторым видам наземного обследования.

Результаты и обсуждение

Массив данных за 2000–2017 гг. Анализировалась информация по метеорологическим станциям Колпашево, Бакчар, Первомайское, Томск, Усть-Озерное, Пудино, Средний Васюган, Напас, имеющим продолжительные (более полувека) периоды

наблюдений без изменения местоположения. Ряды метеорологических наблюдений можно считать однородными, что позволяет использовать их для общеклиматической характеристики территории по явлениям: гололед, зернистая изморозь, кристаллическая изморозь, гололеда. Отметим, что все виды снежно-ледяных отложений на покрытиях автомобильных дорог снижают коэффициент сцепления с колесами транспортных средств и способствуют возникновению зимней скользкости [Самодурова, 2003]. Явления инструментально фиксировались в период с ноября по апрель. Сводная информация о повторяемости гололеда, зернистой и кристаллической изморози по территории представлена в табл. 1.

Анализ годовых данных выявил большую пространственно-временную изменчивость ГИО, практически не связанную с расстоянием между станциями. Наибольшая частота явлений отмечена в 2000, 2005, 2006, 2012, 2015, 2016 гг., и они чаще фиксировались на ст. Колпашево, Бакчар, Напас, наименьшее количество дней отмечено на ст. Усть-Озерное.

На всей территории наиболее часто образовывалась кристаллическая изморозь (от 30 до 80 дней за год), повторяемость остальных видов не превышает нескольких дней: число дней с гололедом изменялось от 1 до 6, с зернистой изморозью – от 1 до 7. Представление о типичном соотношении отдельных видов ГИО и их динамике дает рис. 2, построенный для ст. Колпашево.

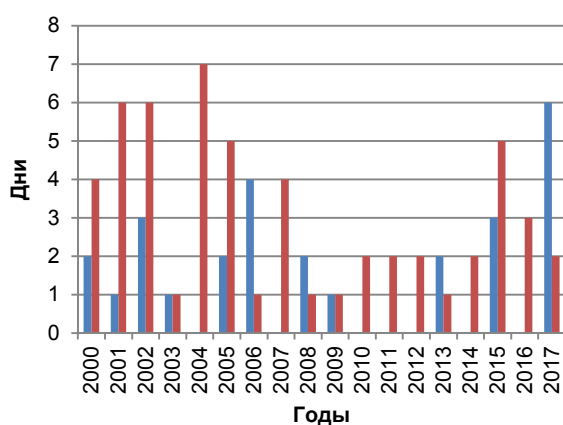
Таблица 1

Повторяемость (суммарное число дней) гололедно-изморозевых явлений ГИЯ за период 2000–2017 гг.

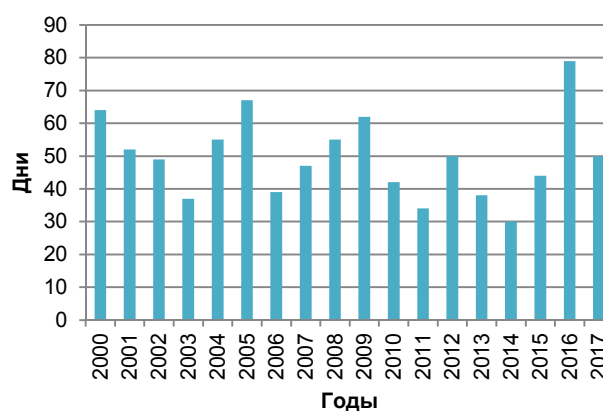
Table 1

Repeatability (total number of days) of GI phenomena for the period 2000–2017

Явления	Станции								
	Колпашево	Первомайское	Томск	Бакчар	Напас	Средний Васюган	Пудино	Усть-Озерное	Сумма
ГЛ	27	34	25	41	51	39	35	3	255
ИЗ	55	10	11	81	68	29	6	7	267
ИК	894	347	355	782	664	383	142	91	3658
Сумма	976	391	391	904	783	451	183	101	4180



a



b

Рис. 2. Повторяемость (число дней) ГЛ (синий цвет) и ИЗ (красный) (a); ИК на ст. Колпашево (b)

Fig. 2. Repeatability (number of days) G (blue color) and GR (red) (a), CR at Kolpashevo (b)

Важными характеристиками, которые отражаются в климатических справочниках, являются *среднее и наибольшее за период число дней с обледенением*,

которые для района исследования приводятся в табл. 2, там же для сравнения представлена климатическая информация из [Научно-прикладной..., 1993].

Таблица 2

Годовое среднее и наибольшее число дней с ГИО за 2000–2017 гг. (числитель)
и климатические данные (знаменатель)

Table 2

The annual average and the largest number of days with GI for 2000–2017 (numerator)
and climate data (denominator)

Станции	Гололед		Зернистая изморозь		Кристаллическая изморозь	
	1	2	1	2	1	2
Колпашево	1,5/5	6/11	3,1/0,6	7/8	49,7/25	79/55
Первомайское	1,9/1	6/4	0,6/0,2	3/3	19,3/13	26/46
Томск	1,4/2,0	6/7	0,6/2,0	3/13	19,7/37	39/69
Бакчар	2,3/5	6/16	4,5/0,3	13/2	43,4/35	66/62
Напас	2,8/3,0	7/18	3,8/0,5	20/3	36,9/20,0	67/83
Средний Васюган	2,2/3,0	7/9	1,6/0,2	6/6	21,3/20,0	52/40
Пудино	1,9/3	7/14	0,3/0,6	3/6	7,9/12,0	18/34
Усть-Озерное	0,2/0,1	3/5	0,4/0,2	2/2	5,1/19,0	18/62

Примечание. 1 – среднее число дней, 2 – наибольшее число дней.

Note. 1 – average number of days, 2 – most days.

Среднее число дней с гололедом не превышает на всех станциях 3, наибольшее – 7 дней за год, и на большинстве станций эти показатели незначительно *уменьшились* в XXI в. Это может быть обусловлено не только изменением климата, но и разной длительностью периодов наблюдений на станциях, использованных для получения данных в [Научно-прикладной..., 1993]. В Томске повторяемость явления мало изменилась и имеет тенденцию к уменьшению.

Зернистая изморозь отмечается не на всех станциях ежегодно, наиболее часто она фиксируется в центральной части области (Бакчар, Напас, Колпашево). Максимальное количество дней (20) отмечено на ст. Напас в 2005 г. Многолетняя динамика характеризуется преимущественно тенденцией *увеличения* повторяемости зернистой изморози, особен-

но на станциях с большой повторяемостью ГИО (Колпашево, Бакчар, Напас), но в Томске повторяемость явления *уменьшилась*.

Кристаллическая изморозь – наиболее частое и изменчивое по территории явление со средним числом дней по территории – от 5 (Усть-Озерное) до 50 (Колпашево).

На ст. Колпашево, Напас наблюдается тенденция к увеличению ее повторяемости, в Томске, Усть-Озерном – к уменьшению. Непрерывная продолжительность явления в 76% случаев составляла около суток (рис. 3). Продолжительность явления с вероятностью 90% не превышает 50 ч (2 суток), с вероятностью 99,5% – 187 ч (около 8 суток), наибольшая непрерывная продолжительность составила 248 ч.

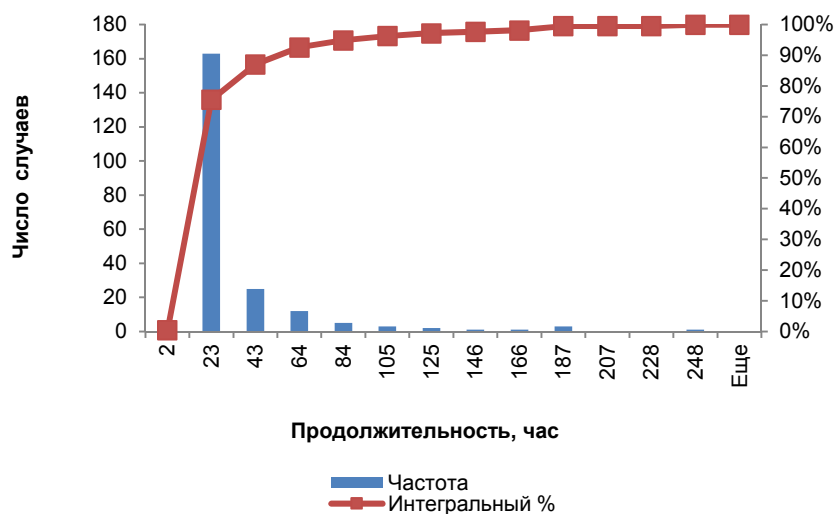


Рис. 3. Распределение непрерывной продолжительности кристаллической изморози на ст. Томск

Fig. 3. Distribution of continuous duration of CR at Tomsk station

Анализ данных о гололедице (является прямой угрозой для автотранспорта, с ней связано больше 50% дорожно-транспортных происшествий) был возможен только для ст. Первомайское, на которой отмечается наибольшая повторяемость этого опасного явления. На других станциях она отмечалась лишь в

отдельные годы, а на ст. Бакчар явление за рассматриваемый период вообще не фиксировалось, что не позволило сформировать репрезентативные ряды для анализа. На рис. 4 даны характеристики этого явления на ст. Первомайское. Повторяемость гололедицы в разные годы изменялась от 14 до 122 дней.

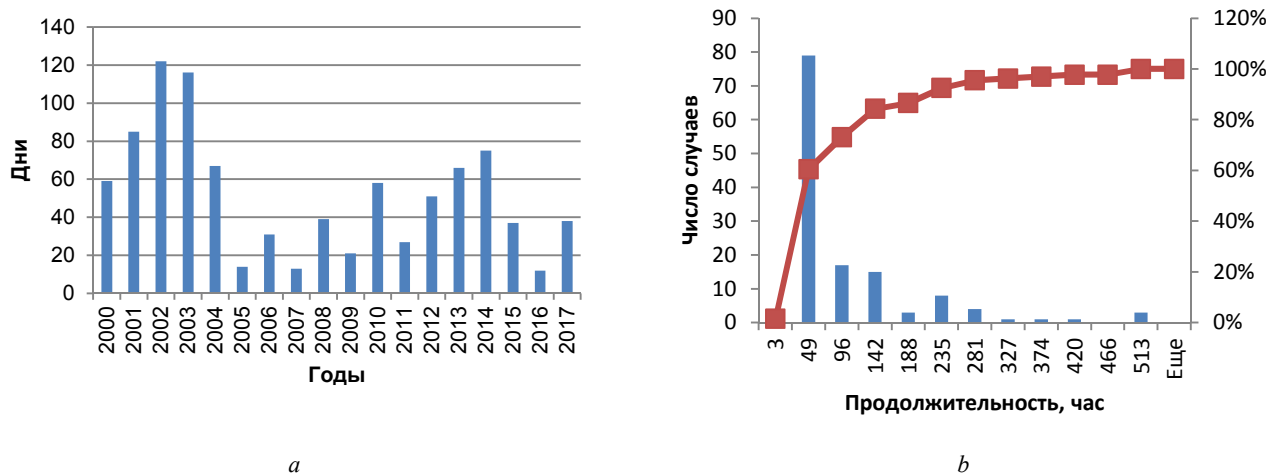


Рис. 4. Число дней (а) и распределение непрерывной продолжительности (б) гололедицы на ст. Первомайское

Fig. 4. The number of days (a) and distribution of continuous duration (b) of ICG at station Pervomaiskoe

Продолжительность гололедицы в 60% случаев составляла 49 ч (рис. 4, б), в 92% случаев не превышала 235 ч (10 суток). Наибольшая продолжительность гололедицы составила 1 392 ч (58 суток). Отметим, что общение с наблюдателями на метеорологических станциях выявило определенную неоднозначность наблюдений за гололедицей – на всех станциях, где учитываются только замерзшие осадки и вода на поверхности земли, отмечается очень маленькая повторяемость ГЛД. На ст. Первомайское, где наблюдатели дополнительно учитывают лед на проезжей части дороги, которая находится в окрестности станции, число дней с гололедицей неизмеримо больше по сравнению с другими пунктами наблюдений. Дополнительную климатическую информацию по ГЛД, по нашему мнению, можно получить, используя «показатель скользкости», рассчитываемый по сочетанию значений температуры воздуха и атмосферных осадков [Самодурова, 2003]. Эту возможность мы проверили для ст. Первомайское, для которой получено следующее уравнение регрессии:

$$A = 1,236 \times C + 3,96,$$

где A – число дней гололедицы, C – число дней со скользкостью. Соответственно, в Томске, находящемся в аналогичных физико-географических условиях, дней с благоприятными для гололедицы условиями должно наблюдаться ежегодно от 11 до 30.

Выполненный на данном этапе исследования анализ позволяет сделать следующие выводы:

– число дней с обледенением всех видов существенно изменяется по территории на порядок, а по годам – в 6–7 раз по гололеду и зернистой изморози, до 2,5 раз по кристаллической изморози. Максимальная повторяемость явлений отмечается в центральной части (ст. Колпашево), минимальная – в восточной части области (ст. Усть-Озерное);

– наиболее часто гололед отмечается на ст. Напас, зернистая изморозь – на ст. Бакчар, кристаллическая изморозь – на ст. Колпашево;

– ситуация по ГИЯ в Томске за последний период улучшилась – уменьшилось среднее и наибольшее число дней со всеми видами ГИО, особенно с зернистой и кристаллической изморозью;

– наблюдается тенденция дальнейшего увеличения числа дней с явлениями на станциях с наибольшей повторяемостью ГИО (Колпашево, Бакчар, Напас),

– повторяемость всех видов ГИО на ст. Усть-Озерное значительно меньше, чем на других станциях, хотя характеристики влажности, температуры воздуха, ветра здесь не выделяются на фоне других станций. Возможно, это объясняется качеством наблюдений.

Массив данных за 2007–2012 гг. Массив включает информацию о 1 585 случаях обледенения (табл. 3) по 21 метеорологической станции области и позволяет оценить нагрузки, исследовать метеорологические и синоптические условия возникновения явлений. Полученные характеристики полезны для отраслей, в технологиях которых есть «проводная» компонента, а также для прогноза ГИЯ.

Таблица 3

Повторяемость ГИЯ по территории Томской области, число случаев

Table 3

GI repeatability in the Tomsk Region, number of cases

Вид отложения	Годы						Сумма
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
ИК	202	258	298	174	170	240	1342
ИЗ	28	7	20	4	8	17	84
ОМС	25	16	14	4	5	7	71
ГЛ	12	37	22	4	4	9	88
Сумма	267	317	353	185	187	273	1585

Отмечается большая изменчивость повторяемости явлений, но с общей тенденцией *уменьшения* к концу рассматриваемого периода. Так, если в 2008 г. наблюдалось 37 случаев ГЛ, то в 2010 и 2011 гг. – по 4 случая. Повторяемость ГЛ, ИЗ, ОМС – примерно одного порядка, ИК – на порядок больше. Возникновение отложений возможно с октября по апрель. ГЛ чаще всего отмечается в ноябре, ОМС – в октябре–ноябре, марте–апреле, ИЗ – марте, ИК – январе–феврале (рис. 5).

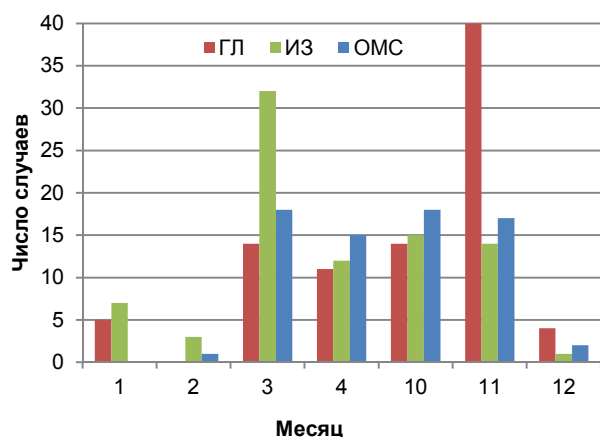
Продолжительность фазы нарастания отложения более чем в половине случаев составляет менее 5 ч, в 20% случаев она достигает 13 ч и более. Продол-

жительность одного случая обледенения в 80% находится в пределах одних суток, ИК может сохраняться до 4 и более суток (табл. 4).

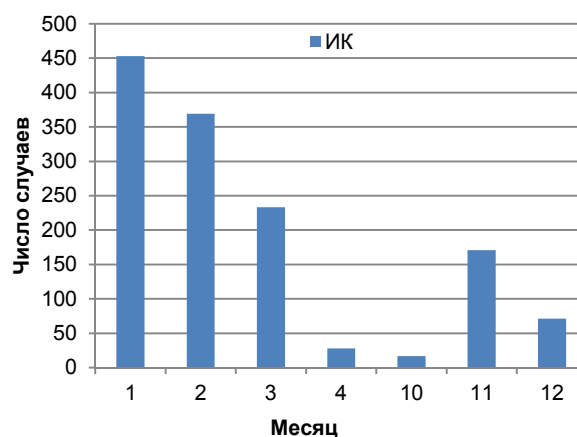
Интенсивность ГИО характеризуется большим диаметром отложения и весом.

По этим параметрам определяется класс явления – опасный (ОЯ) или не опасный. Сильным (ОЯ) считается отложение на проводах:

- гололеда с диаметром не менее 20 мм,
- сложного отложения или мокрого снега не менее 35 мм,
- изморози не менее 50 мм [Наставление..., 2009].



а



б

Рис. 5. Внутригодовая динамика повторяемости гололеда, зернистой изморози, оледенелого мокрого снега (а) и кристаллической изморози (б)

Fig. 5. Intra-annual dynamics of glaze, grained rime, moist snow (a) and crystal rime (b)

Таблица 4

Повторяемость продолжительности обледенения, в числе случаев

Table 4

Repeatability of GI duration, in cases

Вид отложения	Продолжительность, часы							
	Наращение			Случай отложения				
	≤5	6...12	≥13	≤12	13...24	25...48	49...96	≥96
ГЛ	79	9	0	68	16	4	0	0
ИК	795	227	320	649	435	139	72	47
ИЗ	67	16	1	60	16	8	0	0
ОМС	57	10	4	38	19	9	4	1
Сумма	998	262	325	815	486	160	76	48

В нашем исследовании используются диапазоны диаметра: для ГЛ и ОМС ≤ 16 мм, 17–24 мм, 25–43 мм, ≥ 44 мм.; ИЗ 0–4, 5–9; для ИК 0–4, 5–9, 10–14, 15–9, ≥ 20 мм; вес – ≤ 40 г/п.м, 41–80 г/п.м. По величине большого диаметра подавляющее число случаев ГЛ и ОМС попадает в градацию ≤ 16 мм (151 случай), на остальные диапазоны приходится 1–3 случая, но наблюдались отложения и до 44 мм (ст. Александровское, Томск, Первомайское). Вес отложений преимущественно составил ≤ 40 г/п.м, в одном случае – 41–80 г/п.м.

Зернистая изморозь чаще характеризовалась градацией 0–4 мм (68 случаев), реже – 5–9 мм (16 случаев). Кристаллическая изморозь в 88% случаев имела большой диаметр в пределах 0–4 мм, по весу лишь один случай (ст. Бакчар) попадал в градацию 41–80 г/п.м, все остальные случаи – в градацию ≤ 40 г/п.м.

С видом ГИО тесно связан его удельный вес, определяющий реальную нагрузку проводов и тросов воздушных линий электропередачи, связи и других сооружений. Для рассматриваемого массива данных на основе методических рекомендаций [Басарская, Руднева, 1967] рассчитаны параметры нагрузки для всех случаев ГЛ (83 случая), ОМС (69) и ИЗ (77), а для ИК (91) – с максимальной величиной отложения. Объемный вес отложения принимался равным для гололеда – $0,75$ г/см³, оледенелого мокрого снега – $0,2$ г/см³, зернистой изморози – $0,111$ г/см³, кристаллической изморози – $0,05$ г/см³.

Для ГЛ максимальный вес отложения составил $27,7$ г/см (ст. Александровское, Бакчар), минимальный – $2,9$ г/см. Максимальный вес ОМС зафиксирован на ст. Александровское ($222,16$ г/см), ИЗ – на

ст. Средний Васюган ($16,41$ г/см). ИК с максимальным весом $40,23$ г/см наблюдалась на ст. Александровское, при этом диаметр составлял 30 мм, толщина – 25 мм. Минимальный вес отложения кристаллической изморози, равный $0,67$ г/см, наблюдался на ст. Молчаново. Уменьшение веса по сравнению с климатическими данными заметно на ст. Александровское и Бакчар. Таким образом, подтвердилась информация о достаточно редком, по данным метеорологических станций, возникновении в Томской области опасных по интенсивности ГИЯ. Отметим, что в Сибирском федеральном округе ежегодное число таких явлений в последние 10 лет составляло от 1 (2018 г.) до 5 (2016 г.) [Изменение..., 2018]. В период времени, охватываемый данным массивом, их было в 2008 и 2011 гг. по 2 случая, в 2009 г. – 3 случая, в 2010, 2012 гг. – по 4 случая.

Метеорологические условия, при которых отмечалось обледенение, в целом соответствуют известным из теоретических и экспериментальных исследований [Драневич, 1971]: наличие переохлажденных жидких осадков, отрицательные температуры у поверхности земли, небольшие скорости ветра. Так, температурный режим характеризуется диапазоном от $+5$ до -30°C и ниже. Диапазоны и их повторяемость для отдельных видов обледенения представлены в табл. 5.

Образованию ГЛ благоприятствуют южные и юго-западные потоки, ОМС и ИЗ – северные и северо-восточные. Для ИК нет явно преобладающего направления ветра. Скорость ветра в основном находится в интервале от штиля до 2 м/с, ОМС и ГЛ в единичных случаях сопровождалась ветром со скоростью до 6 м/с (табл. 6).

Таблица 5

Температура воздуха в начале обледенения (число случаев)

Table 5

Вид отложения	Температура воздуха, диапазон, $^\circ\text{C}$						Сумма
	5...0,1	0...-4,9	-5...-9,9	-10...-19,9	-20...-29,9	-30 и ниже	
ИЗ	0	29	52	3	0	0	84
ОМС	32	38	1	0	0	0	71
ГЛ	0	64	24	0	0	0	88
ИК	3	2	1	605	505	226	1342

Таблица 6

Скорость ветра при достижении максимального размера, число случаев

Table 6

Вид отложения	Скорость, м/с			Сумма
	0...1	2...5	6...9	
ИЗ	51	33	0	84
ОМС	23	42	6	71
ГЛ	13	71	4	88
ИК	907	434	1	1342

Синоптические условия (барическое поле и атмосферные фронты) ГИО определялись по информации с приземных синоптических карт. Барическое поле классифицировалось как циклоническое или антициклональное с уточнением интенсивно-

сти, стадии развития, его сектора над рассматриваемой территорией. При обнаружении над областью атмосферных фронтов учитывался их тип, географическая классификация. Возникновение ГИО наблюдалось как в циклонических, так и антицик-

лональных барических полях: в первых преобладают гололед, оледенелый мокрый снег, во вторых – кристаллическая и зернистая изморозь. В 77,3%

случаев отложения относится к внутримассовым, на атмосферных фронтах наблюдалось 22,7% случаев (табл. 7).

Таблица 7

Повторяемость (число случаев) фронтальных и внутримассовых ГИО

Table 7

Синоптическая ситуация	Вид отложения					
	ГЛ	ИЗ	ИК	ОМС	Сумма	%
Фронтальные	39	34	261	26	360	22,7
Внутримассовые	49	50	1081	45	1225	77,3
Сумма	88	84	1342	71	1585	100

Внутримассовые отложения (особенно ИК) наиболее часто возникают в антициклонах в максимальной стадии развития либо малоградиентных антициклонных полях, но отмечались случаи и в разрушающемся либо регенерирующем антициклоне. Редко наблюдался ГЛ в тыловых частях циклонов и малоградиентных циклонических полях, ОМС – в антициклоне. Явления ИЗ и ОМС чаще возникают при прохождении теплых, а ГЛ – холодных участков арктических фронтов. ИК носит преимущественно

внутримассовый характер. В период с октября по декабрь образование ГЛ, ИЗ, ОМС, ИК связано, как правило, с прохождением холодного участка арктического фронта (рис. 6).

В январе–феврале отложения носили преимущественно внутримассовый характер, с марта по апрель их образование в большинстве случаев наблюдалось на теплом участке арктического фронта. Фронтальные случаи ИК чаще наблюдались на теплом арктическом фронте (рис. 7).

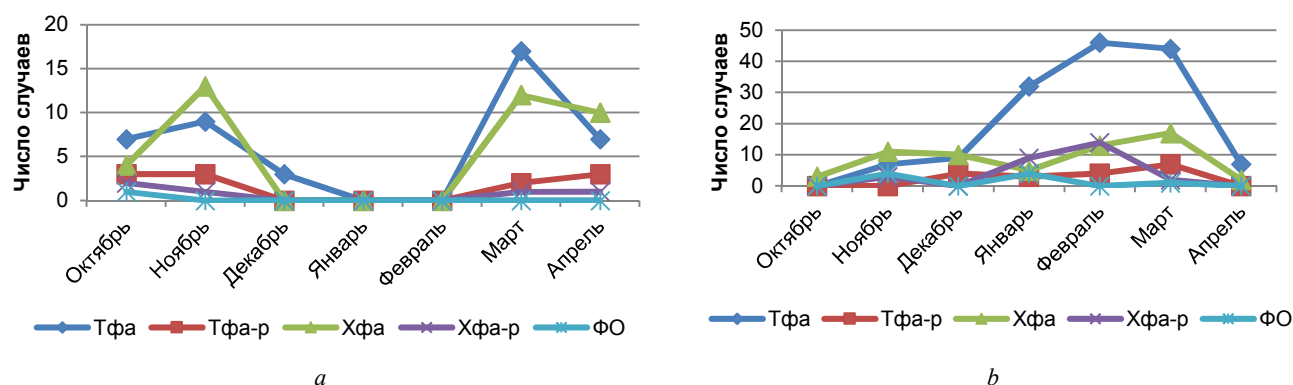


Рис. 6. Внутрисезонная динамика суммарной повторяемости гололеда, зернистой изморози, оледенелого мокрого снега (а) и кристаллической изморози (b) на атмосферных фронтах

Тфа – теплый фронт арктический, Тфа-р – теплый фронт арктический размытый, Хфа – холодный фронт арктический, Хфа-р – холодный фронт арктический размытый, ФО – фронт окклюзии

 Fig. 6. Intra-seasonal dynamics of the total repeatability of G, GR, MS (a) and CR (b) at atmospheric fronts
Tfa – warm Arctic front, Tfa-r – warm Arctic front blurred, Hfa – Arctic cold front, Khfa-r – Arctic cold front blurred, FO – front occlusion


Рис. 7. Повторяемость ГИО на разных типах атмосферных фронтов

а – гололед, зернистая изморозь, оледенелый мокрый снег; б – кристаллическая изморозь. Обозначения на рис. 6

Fig. 7. Repeatability of GI on different types of atmospheric fronts

а – G, GR, MS; б – CR. Designations in Fig. 6

Таким образом, в течение гололедного сезона ГИО преимущественно наблюдались при прохождении по территории области теплого участка арктического фронта.

Меньше всего случаев ГЛ, ИЗ и ОМС отмечено на фронте окклюзии и холодном участке размытого арктического фронта, ИК – на фронте окклюзии и теплом участке размытого арктического фронта.

Сравнение результатов за 2007–2012 гг. с климатическими данными указывает на тенденцию уменьшения повторяемости отложений ИК и ГЛ, увеличения – ОМС и ИЗ.

Массив данных за 2013–2018 гг. Визуальные наблюдения этого периода привлекались для уточнения климатических показателей ГИО, в первую очередь, востребованных авиацией. Гололедные отложения могут серьезно осложнить деятельность авиации: возникают проблемы при подготовке воздушных судов к полету, приеме и выпуске самолетов и вертолетов на аэродроме [Шакина, Иванова, 2016]. При отложении льда на поверхности воздушного судна на земле взлет такого судна запрещается. При покрытии гололедом взлетно-посадочной полосы (ВПП) или рулежных дорожек происходит значительное уменьшение трения колес шасси о бетон, что затрудняет как разбег, так и пробег самолета. При посадке на обледенелую полосу при боковом ветре

создается опасность уклонения самолета от нужного направления движения и выкатывания его за пределы ВПП. В Томской области в настоящее время действуют аэропорт Богашево (Томск), внутрирегиональные аэропорты Стрежевой, Кедровый, площадки областного значения (в том числе вертолетные) в Пионерном, Колпашево, Александровском, Новом Васюгане. Освоение газо- и нефтедобывающих территорий правобережья р. Оби потребует открытия там новых объектов для осуществления авиаперевозок.

На материале массива рассчитано число дней и случаев с явлениями наземного обледенения, непрерывная продолжительность явлений по градациям: ≤ 6 ч, 7–12 ч, 13–24 ч, 25–48 ч, 49–96 ч, > 96 ч, исследован их внутригодовой и суточный ход для календарного года и для периода (сентябрь–май). Особенностью визуальных наблюдений является отсутствие разделения изморози (И) на зернистую и кристаллическую, что соответствует терминологии метеорологического прогноза, где указываются следующие явления: гололед, изморозь, отложение мокрого снега и гололедица. В результате этого изморозь оказалась наиболее часто встречающимся видом наземного обледенения, на ее долю приходится 84% случаев, на отложения мокрого снега – 9%, гололеда – 7%. Максимальное количество случаев ГИЯ (439) отмечено в холодный сезон 2017/2018 гг. (рис. 8).



Рис. 8. Динамика ГИЯ на территории Томской области за период сентябрь–май

Fig. 8. GI dynamics in the Tomsk region for the period September–May

Изморозь чаще всего наблюдается в ноябре и январе–феврале, ОМС – в октябре, ноябре, марте, ГЛ – с октября по декабрь. В суточном ходе максимум повторяемости случаев изморози приходится на промежуток с 12 до 18 ч поясного декретного времени (ПДВ), гололед и отложения мокрого снега не имеют выраженного суточного хода.

По территории повторяемость (среднее годовое число дней) изморози изменяется в широком диапазоне: от 2 (ст. Усть-Озерное) до 47 дней (ст. Александровское), увеличиваясь в северных районах и на юго-западе обла-

сти. Отложения мокрого снега чаще (6–7 дней) отмечались на севере и юго-востоке области, на остальной территории – в среднем 1,5 дня. Максимальная повторяемость гололеда зафиксирована на ст. Каргасок – 3,7 дня, Александровское и Новый Васюган – по 3,2 дня, к югу она уменьшается до одного дня и менее, а на ст. Батурино, Тегульдэт и Усть-Озерное в рассматриваемый период гололед не наблюдался (рис. 9).

Наиболее часто встречающаяся непрерывная продолжительность отложений изморози находится в пределах 7–12 ч, ГЛ и ОМС – 6 ч (рис. 10).

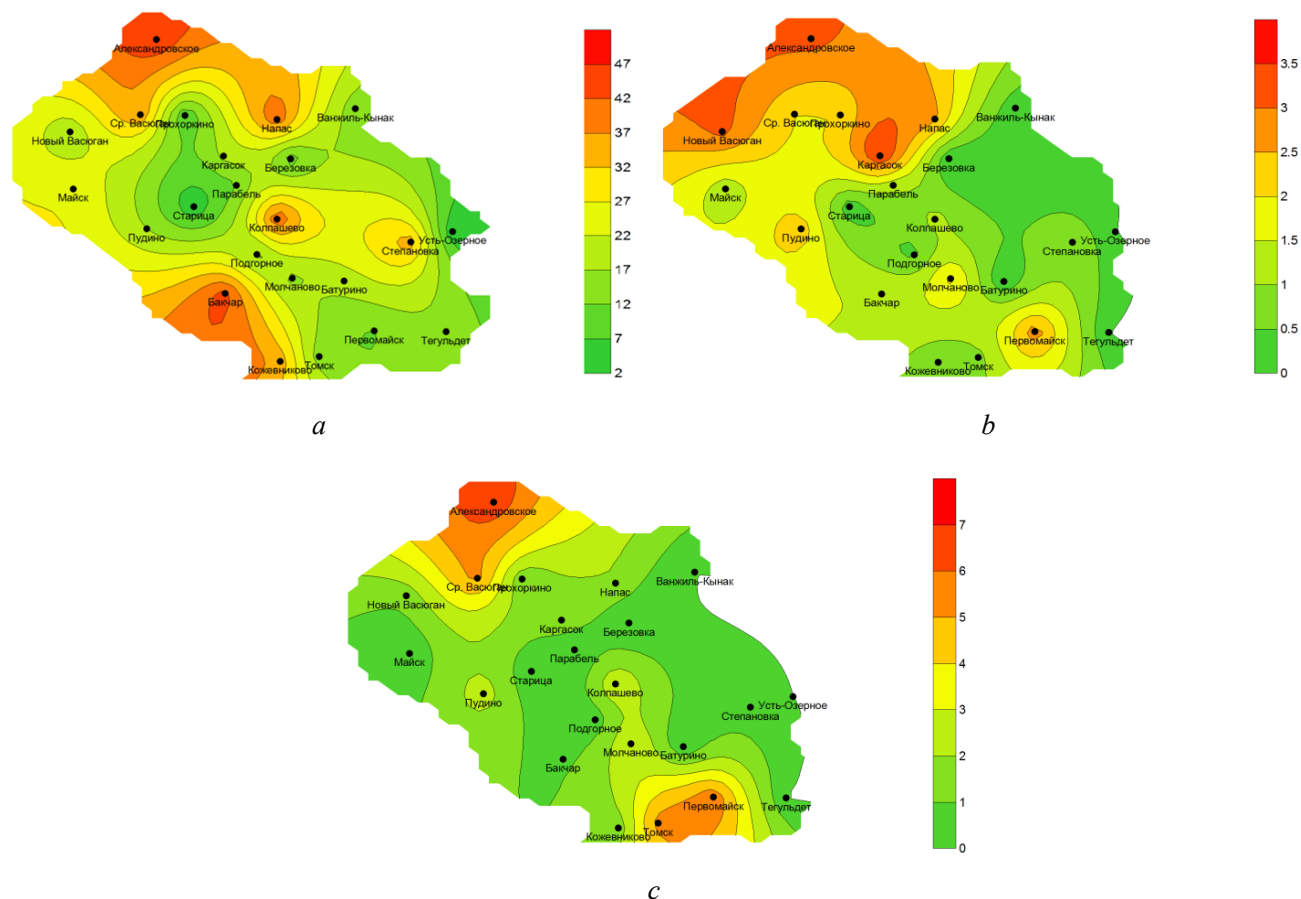


Рис. 9. Пространственное распределение среднего числа дней с изморозью (а), гололедом (б) и оледенелым мокрым снегом (с)

Fig. 9. Spatial distribution of the average number of days (a) with rime (R), (b) with G and (c) with MS

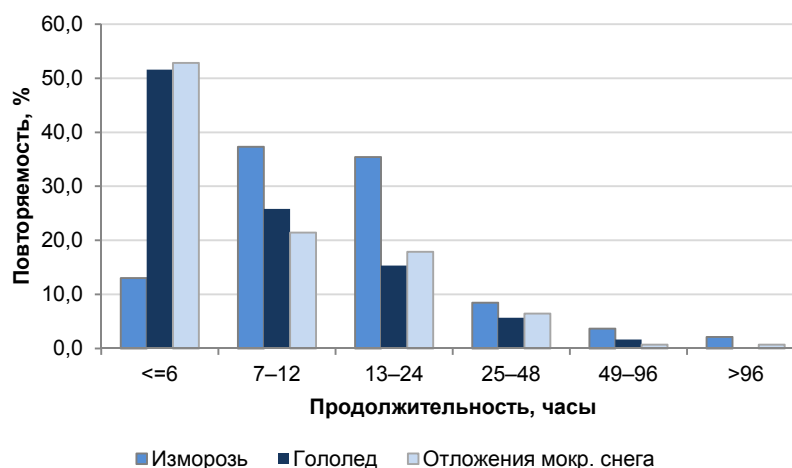


Рис. 10. Непрерывная продолжительность случаев ГИЯ

Fig. 10. Non-stop duration of GI cases

Таким образом, ГИЯ наиболее часто возникают в северной, исключительно малодоступной в транспортном отношении, части области. В непосредственной близости от расположенных там метеорологических станций Александровское, Напас и

Средний Васюган функционируют 2 аэропорта – Стрежевой и Пионерный. Наземные службы этих и других аэропортов области в период с октября по март должны быть готовы обслуживать авиацию в условиях возможного появления ГИО.

Сравнительный анализ результатов по массивам данных

Использованные массивы данных позволили провести сравнение качества инструментальных и визуальных наблюдений на исследуемой территории. Результаты сравнения на примере гололеда представлены в табл. 8.

Так, по количеству дней с явлением различие незначительное: гололед, фиксируемый с помощью гололедного станка, отмечается несколько чаще, чем по визуальным наблюдениям. Определенная

нестыковка данных может быть связана и с особенностями передачи штормовых оповещений (не в Томск, а непосредственно в региональный центр Новосибирск).

Различаются и периоды возникновения явлений (табл. 9):

Прослеживается влияние погодных условий отдельных лет, а также расположения и числа станций. Так, в 2013–2018 гг. зафиксированы ГИЯ (ГЛ, ОМС и изморозь) уже в сентябре, а последние случаи (изморозь и ГЛ) – в мае. Подобных ситуаций не наблюдалось в предшествующий период (2007–2012 гг.).

Таблица 8

Число дней с гололедом по инструментальным (числитель) и визуальным (знаменатель) наблюдениям

Table 8

The number of days with G on instrumental (numerator) and visual (denominator) observations

Год	Колпашево	Первомайское	Томск	Бакчар	Напас	Средний Васюган	Пудино	Усть-Озерное
2013	2/1	2/2	0/0	2/0	7/7	3/1	1/1	0/0
2014	0/0	3/3	2/2	1/2	4/2	3/3	1/1	0/0
2015	3/1	2/2	1/2	6/5	1/0	6/1	5/4	0/0
2016	0/0	0/0	1/1	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2017	6/4	5/7	0/0	1/1	2/1	2/0	5/5	0/0

Таблица 9

Границы периодов с наземным обледенением используемых массивов

Table 9

GI period boundaries on used datasets

Массив	Виды обледенения	Период, месяц
2000–2017	ГЛ, ИЗ, ИК, ГЛД	IX–IV
2007–2012	ГЛ, ИЗ, ИК, ОМС	X–IV
2013–2018	ГЛ, ОМС, ИЗ+ИК	IX–V

Другими словами, ни один массив в отдельности не позволяет дать качественную климатическую информацию по повторяемости и динамике явлений наземного обледенения. Этот факт подтверждает правомерность реализованной авторами методологии исследования явлений. В результате потребитель получает более полную и достоверную картину распределения и динамики ГИЯ.

Заключение

Выявлен большой разброс повторяемости ГИО по территории – на порядок и более, а по годам – от 2 до 7 раз. Наименьшее число ГИО отмечается в юго-восточных районах области.

В последние годы скорость изменения повторяемости разных ГИО имеет разные знаки: зернистая изморозь – незначительно возрастает на большинстве станций, гололед – уменьшается, кристаллическая изморозь также уменьшается. В Томске повторяемость всех видов ГИО в последние годы уменьшается.

Непрерывная продолжительность гололеда и зернистой изморози в большинстве случаев не превышает 1 сут, максимальная – 2 сут, кристаллической

изморози и отложений мокрого снега – 2 и 4 сут соответственно, для гололедицы аналогичные характеристики составляют 2 и 10 сут.

Интенсивность ГЛ и ОМС чаще всего не превышает 16 мм, максимум – 44 мм, интенсивность ИЗ и ИК не превышает 4 мм с максимумом до 9 мм.

Подтверждены сложность и неоднозначность визуальных наблюдений за ГИЯ, в большой степени определяемых квалификацией наблюдателя. Косвенно на это обращается внимание и в [Наставление..., 1985], где указывается, что существуют трудности в визуальном определении отличий зернистой изморози от кристаллической.

Отдельный вопрос остается по качеству наблюдений за гололедицей. Как нам представляется, ГЛД по своему происхождению является атмосферным явлением, и в этом случае ее повторяемость в Томской области надо признать заниженной. В то же время, исходя из определения [Российский... 2008], гололедицей является также лед на дорогах, образовавшийся в результате уплотнения снежного наката колесами автомобилей, другими словами, репрезентативные наблюдения за этим явлением возможны только при наличии в окрестности станции дорожных покрытий. Общение с наблюдателями на метео-

рологических станциях Томск и Первомайское подтвердило неоднозначность наблюдений за гололедами: на всех станциях, где учитываются только замерзшие осадки и вода на поверхности земли, отмечается очень маленькая повторяемость ГЛД. Дополнительную информацию по ГЛД можно получить, рассчитав по набору метеорологических параметров «показатель скользкости».

Кроме того, необходимо отметить явно недостаточное число пунктов наблюдений (не более 23) за явлениями для качественного обслуживания хозяйственного комплекса области с общей площадью

314 391 км², особенно с учетом стратегии развития нефтегазовой отрасли и ее дорожного, трубопроводного и электрического обеспечения. Возникновение внутримассовых ГИЯ могло быть не зафиксировано такой редкой сетью гидрометеорологических станций.

Считаем, что результаты исследования могут быть использованы в различных прикладных задачах при уточнении климатических характеристик ГИО, а также в прогнозировании явлений наземного обледенения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-45-700010 p_a).

ЛИТЕРАТУРА

- Андреева Е.С. Опасные явления погоды юга России / под ред. Л.Н. Карлина. СПб. : РГГМУ, ВВМ, 2006. 216 с.
- Барашкова Н.К., Волкова М.А., Кужевская И.В. Современный климатический режим атмосферных осадков на территории Томской области // Труды ГГО. 2015. Вып. 576. С. 129–152.
- Барашкова Н.К., Кужевская И.В., Носырева О.В. Климатические характеристики режимов устойчивого перехода температуры воздуха через определенные пределы на юге Западной Сибири // Известия РАН. Сер. географическая. 2015. № 1. С. 87–97.
- Басарская Т.А., Руднева А.В. Гололедные нагрузки на провода. Л. : Гидрометеиздат, 1967. 9 с.
- Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. Специализированные массивы. Атмосферные явления (сроки). URL: <http://www.meteo.ru> (дата обращения: 15.02.2019).
- Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В.В. Ясюкевич, В.А. Говоркова. М. : Росгидромет, 2014. 1009 с. URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2016/od2/od2full.pdf> (дата обращения: 15.02.2019).
- Гаголка Н.К. Некоторые особенности пространственно-временного распределения гололедно-изморозевых явлений в Томской области // Гляциология Сибири : сб. ст. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1981. № 1 (16). С. 16–23.
- Гаголка Н.К. Условия образования и прогноз гололедно-изморозевых отложений в Хабаровском крае и Амурской области : дис. ... канд. геогр. наук. М., 1975. 154 с.
- Драневич Е.П. Гололед и изморозь. Л. : Гидрометеиздат, 1971. 227 с.
- Дробышев А.Д., Кошинский С.Д., Корулина Л.Г., Лучицкая И.О. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала / под ред. С.Д. Кошинского. Л. : Гидрометеиздат, 1979. Ч. 1: Алтайский край, Кемеровская, Новосибирская и Томская области. 383 с.
- Заморский А.Д. Иней. Изморозь. Гололед. Л. : Гидрометеиздат, 1951. 64 с.
- Изменение климата России. Ежегодные данные о состоянии климата // Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН (ИГКЭ). 2005–2018. URL: http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_docman&Itemid=73&gid=27&lang=ru
- Коршунов А.А., Филиппов И.А. Опасные гидрометеорологические явления и неблагоприятные условия погоды: некоторые результаты анализа статистики // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2002. Вып. 169. С. 134–147.
- Метеорологический ежемесячник. Зап.-Сиб. УГМС, 2007–2012. Вып. 20, ч. 2: Западная Сибирь.
- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Л. : Гидрометеиздат, 1985. Вып. 3, ч. 1. 301 с.
- Наставление по краткосрочным прогнозам погоды РД 52.27.724–2009. Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2009. 51 с.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. СПб. : Гидрометеиздат, 1993. Ч. 1–6, вып. 20. 720 с.
- Орлова В.В. Климат СССР. Л. : Гидрометеиздат, 1962. Вып. 4: Западная Сибирь. 360 с.
- Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь / под ред. А.И. Бедрицкого. СПб. ; М. : Летний сад, 2008. Т. 1. 336 с.
- Самодурова Т.В. Метеорологическое обеспечение зимнего содержания автомобильных дорог. М. : ТИМР, 2003. 183 с.
- СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная ред. СНиП 2.01.07–85* (с изм.). Дата введения: 04.06.2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456044318>
- Тунаев Е.Л., Горбатенко В.П., Поднебесных Н.В. Особенности циклогенеза над территорией Западной Сибири за период 1976–2015 гг. // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. 2017. № 364. С. 81–92.
- Шакина Н.П., Иванова Р.А. Прогнозирование метеорологических условий для авиации. М. : Триада лтд. 2016. 312 с.

Авторы:

Барашкова Надежда Константиновна, кандидат географических наук, доцент, кафедра метеорологии и климатологии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия. E-mail: nkbar@sibmail.com

Кижнер Любовь Ильинична, кандидат географических наук, доцент, кафедра метеорологии и климатологии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия. E-mail: kdm@mail.tsu.ru

Волкова Марина Александровна, кандидат географических наук, доцент, кафедра метеорологии и климатологии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия. E-mail: mv2101@mail.ru

Носырева Ольга Владимировна, кандидат географических наук, доцент, кафедра метеорологии и климатологии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.
E-mail: ov_nosyreva@mail.ru

Geosphere Research, 2020, 1, 88–101. DOI: 10.17223/25421379/14/7

N.K. Barashkova, L.I. Kizhner, M.A. Volkova, O.V. Nosyreva

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

GROUND ICING IN THE TOMSK REGION (WESTERN SIBERIA)

Based on the analysis of meteorological observations on the territory of the Tomsk region in the last 20 years, new climatic characteristics of the spatio-temporal changes in **ground icing (GI)** have been obtained. Information is provided on the intensity of the types of deposits (large diameter, weight), the duration of the growth phase and, in general, a phenomenon that is important for the transport and energy industries. The revealed meteorological and synoptic conditions for the formation of various types of ground icing are necessary both for a more confident diagnosis and for improving the methods for predicting them.

A large variation in the frequency of occurrence of **GI** is observed across the territory – ten or more times, and over the years – from two to seven times. The smallest number of **GI** is noted in the southeastern part, most often occur in the northern part of the region, which is extremely inaccessible for transport. In recent years, the rate of change in the repeatability of types **GI** has different signs: **grained rime (GR)** – slightly increases at most stations, **glaze (G)** – decreases; **crystal rime (CR)** also decreases. The recurrence of all types of **GI** in Tomsk has been declining.

The non-stop duration of **glaze** and **grained rime** in most cases does not exceed one day, **crystal rime**, **moist snow (MS)** and **ice-crusted ground (ICG)** – two days. The maximum duration of **ice-crusted ground** is ten days, for other types of **GI** – up to two days. The intensity of **G** and **MS** most often does not exceed 16 mm, a maximum of 44 mm; **GR** and **CR** – respectively, does not exceed 4 mm with a maximum of up to 9 mm.

The occurrence of **GI** was observed both in cyclonic and anticyclone baric fields: in the first, **GI** and **MS** prevail, and secondly, **CR** and **GR**. **GI** in 77,3% of cases were observed in homogeneous air, 22,7% – on atmospheric fronts. The homogeneous air mass **GI** (especially **CR**) most often occur in anticyclones at the maximum developmental stage, or in low-gradient anticyclone fields, but there are cases in decaying or regenerating anticyclones. **G** was rarely observed in the rear parts of cyclones and low-gradient cyclonic fields, and **MS** in an anticyclone. The **GR** and **MS** often occur during the passage of warm, and **G** – cold sections of the Arctic fronts. **CR** was predominantly in homogeneous air mass.

It is necessary to note the insufficient number of observation stations for the phenomena for high-quality service of the regional economic complex, especially taking into account the development strategy of the oil and gas industry and its road, pipeline and electricity supply. The emergence of intramass **GI** could not have been detected by such a rare network of hydrometeorological stations. We think that the results of the research can be used in various applications to clarify the climatic characteristics of **GI**, as well as in predicting the effects of ground icing.

Keywords: *glaze, grained and crystal rime, moist snow, ice-crusted ground, repeatability, duration, intensity.*

REFERENCES

- Andreeva E.C. *Opasnye javleniya pogodi yuga Rossii* [Dangerous weather phenomena of south of Russia] / Pod red. Karlina L.N. St. Petersburg: VVM.com.Ltd Publishing. 2006. 216 p. In Russian
- Barashkova N.K., Kuzhevskaja I.V., Nosyreva O.V. *Klimaticheskie charakteristiki rezhimov ustoychivogo perehoda temperaturi vosducha cheres opredelenie predeli na juge Zapadnoi Sibiri* [Climatic characteristics of modes of the stable transition of air temperature through key bounds in the south of Western Siberia] // *Izvestia RAN. Seriya Geograficheskaya*. Moscow: Nauka. 2015. № 1. pp. 87–97. In Russian
- Barashkova N.K., Volkova M.A., Kuzhevskaja I.V. *Sovremennii klimaticheskii rezhim atmosferykh osadkov na territorii Tomskoi oblasti* [Contemporary climate regime of precipitation in the Tomsk region] // *Proceedings of MGO*. 2015. V. 576. pp. 129–152. In Russian
- Basarskaya T.A., Rudneva A.V. *Golodnyye nagruzki na provoda* [Ice loads on wires]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1967. 9 p. In Russian
- Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut gidrometeorologicheskoi informatsii – Mirovoi tsentr dannich. Spezialisirovannye massivi. Atmosfernye javleniya (sroki)* [All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information - World Data Center. Specialized arrays. Atmospheric phenomena (timing).] URL: <http://www.meteo.ru> (accessed 15.02.2019). In Russian
- Vtoroi ozenozhnyi dolad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata I ich posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Technicheskoe resyume* [Second Roshydromet assessment report on climate change and its consequences in Russian Federation]. Moscow. 2014. 1009 p. URL: <https://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2016/od2/od2full.pdf> (accessed 15.02.2019). In Russian
- Gagolka N.K. *Nekotorye osobennosti prostranstvenno-vremennogo raspredeleniya golodno-izmorozevich javlenii v Tomskoi oblasti* [Some features of the spatio-temporal distribution of icy-hoar-frost phenomena in the Tomsk Region] // *Proceedings of Glaziologia Sibiri*. Tomsk: Isd-vo Tomsk state university. 1981. № 1 (16). pp. 16–23. In Russian
- Gagolka N.K. *Uslovia obrazovaniya i prognos golodno-izmorozevich otlozenii v Chabarovskom krae I Amurskoi oblasti* [Formation conditions and forecast of ice-frost-frost deposits in the Khabarovsk Territory and Amur Region] / Thesis for the degree of candidate of geographical sciences. Moscow, 1975. 154 p. In Russian
- Dranevich E.P. *Golod i izmoroz* [Ice and frost]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1971. 227 p. In Russian
- Drobyshev A.D., Koshinskiy S.D., Korulina L.G., Luchitskaya I.O. *Opasnyye javleniya pogody na territorii Sibiri i Urala / Pod red. S.D. Koshinskogo. CH. 1: Altayskiy kray, Kemerovskaya, Novosibirskaya i Tomskaya oblasti* [Dangerous weather phenomena in

Siberia and the Urals / Ed. S.D. Koshinsky. Part 1: Altai Territory, Kemerovo, Novosibirsk and Tomsk Regions]. Leningrad: Hydrometeoizdat. 1979. 383 p. In Russian

Izmenenie klimata v Rossii. Ezhegodnie Dannye o sostojanii klimata [Climate change in Russia. Annual climate data]. FBU. 2005–2018 gg. Institut globalnogo klimata i ekologii Rosgidrometa I RAN (IGKE). URL: http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_docman&Itemid=73&gid=27&lang=ru (accessed 15.02.2019). In Russian

Korshunov A.A., Filippov I.A. *Opasnyye gidrometeorologicheskiye yavleniya i neblagopriyatnyye usloviya pogody: nekotoryye rezul'taty analiza statistiki* [Hazardous hydrometeorological phenomena and adverse weather conditions: some results of the analysis of statistics.] // Trudy VNIIGMI-MTSD, 2002. V. 169. pp. 134–147. In Russian

Meteorologicheskij yezhemesyachnik. Vypusk 20. Chast' 2. Zapadnaya Sibir' [Meteorological monthly. V. 20. Part 2. Western Siberia]. Publisher: West-Siberian UGMS. 2007–2012. In Russian

Nastavleniye gidrometeorologicheskim stantsiyam i postam [Manual to hydrometeorological stations and posts]. V. 3. Part 1. Leningrad.: Gidrometeoizdat. 1985. 301 p. In Russian

Nastavleniye po kratkosrochnym prognozom pogody RD 52.27. 724-2009 [Manual on short-term weather forecasts RD 52.27. 724–2009] Obninsk: IG-SOTSIN. 51 p. In Russian

Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnogoletniye dannyye [Scientific-applied reference on the climate of the USSR. Series 3. Long-term data]. Part 1–6. V. 20. St. Petersburg: Hydrometeoizdat. 1993. 720 p. In Russian

Orlova V.V. *Klimat SSSR. Vyp. 4. Zapadnaya Sibir'* [The climate of the USSR. V. 4. Western Siberia.] Leningrad: Gidrometeoizdat. 1962. 360 p. In Russian

Rossiyskiy gidrometeorologicheskij entsiklopedicheskij slovar'. Pod red. A.I. Bedritskogo. [Russian hydrometeorological encyclopedic dictionary. Ed. A.I. Bedritsky.] St-Petersburg: Summer Garden. 2008. T. 1. 336 p. In Russian

Samodurova T.V. *Meteorologicheskoye obespecheniye zimnego soderzhaniya avtomobil'nykh dorog* [Meteorological support for the winter maintenance of roads] Moscow: TIMR. 2003. 183 p. In Russian

Samorskii A.D. *Inei. Izmoros. Gololed* [Frost. Frost. Ice]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1951. 64 p. In Russian

SP 20.13330.2016 *Nagruzki i vozdeystviya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.01.07-85* (s Izmeneniyami). Data vvedeniya 2017-06-04.* [SP 20.13330.2016 Loads and impacts. Updated edition of SNIIP 2.01.07-85 * (as amended). Date of introduction 2017-06-04. [Electronic resource]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/456044318> (accessed 10.09.2019)] In Russian

Tunayev Ye.L., Gorbatenko V.P., Podnebesnykh N.V. *Osobennosti tsiklogeneza nad territoriyey Zapadnoy Sibiri za period 1976–2015 gg.* [Distinctive features of cyclogenesis over the territory of western Siberia during 1976–2015] // Proceedings of the Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation. 2017. № 364. pp. 81–92. In Russian

Shakina N.P., Ivanova R.A. *Prognozirovaniye meteorologicheskikh usloviy dlya aviatsii* [Weather forecasting for aviation]. Moscow: Triad Ltd. 2016. 312 p. In Russian

Author's:

Barashkova Nadezhda K., Cand. Sci. (Geography), Associate Professor, Department of Meteorology and Climatology, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: nkbar@sibmail.com

Kizhner Lubov I., Cand. Sci. (Geography), Associate Professor, Department of Meteorology and Climatology, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: kdm@mail.tsu.ru

Volkova Marina A., Cand. Sci. (Geography), Associate Professor, Department of Meteorology and Climatology, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: mv2101@mail.ru

Nosyreva Olga N., Cand. Sci. (Geography), Associate Professor, Department of Meteorology and Climatology, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: ov_nosyreva@mail.ru