

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РИСКОВ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Приведены результаты оценки критериев температурного режима, формирующих опасные явления погоды на территории Томской области. Рассчитаны характеристики рисков, обусловленных следующими опасными явлениями: периодами низких – высоких температур, аномально холодной – аномально жаркой погодой, сильным морозом – сильной жарой. Социальная и экономическая составляющие рисков рассчитаны на основе ВВП в отношении на одного жителя области за период со средней продолжительностью опасного явления. Проанализированы макроциркуляционные условия, способствующие формированию экстремальных температурных условий на территории Томской области.

Ключевые слова: Томская область; опасные явления; социально-экономические риски; экстремальные температурные периоды; макроциркуляционные условия.

Происходящие изменения климата, характеризующиеся увеличением variability климатических параметров, сопровождаются ростом повторяемости опасных гидрометеорологических явлений (ОЯ), что приводит к увеличению экономического и социального ущерба в различных регионах России. В среднем по стране ущерб от гидрометеорологических явлений оценивается в 80% от ущерба, наносимого экономике всеми природными катастрофами [1], и составляет по оценкам [2] 30÷60 млрд руб. ежегодно на фоне устойчивой тенденции повышения количества ОЯ порядка 6,3% в год. Следует отметить, что ОЯ зачастую, помимо прямого ущерба, могут усиливать другие негативные факторы среды и различного рода бедствия. Так, увеличение длительности периодов с высокими или низкими температурами влияет как непосредственно на состояние здоровья людей, так и опосредованно через качество воды, продуктов питания, состояние загрязнения воздуха. Кроме того, экстремальные значения температуры влияют на устойчивость и прочность строительных конструкций, рабочие характеристики техники, во многом определяют экологическую ситуацию территории (пожароопасность, уровень загрязнения), состояние инфраструктуры жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), других отраслей экономики. Таким образом, усовершенствование управления климатической информацией, систематический анализ характеристик ОЯ крайне актуальны и являются основой социально ориентированных систем предупреждения [3] в рамках организации работ по снижению предполагаемых или состоявшихся ущербов, связанных с климатическими рисками.

В современном обществе теме рисков, в частности гидрометеорологических, уделяется значительное внимание. Ряд исследователей под гидрометеорологическими рисками понимают статистические вероятности наступления тех или иных аномальных или опасных явлений погоды [4]. Другие ученые в своих работах используют понятие риска как функции частоты и последствий нежелательного события [5, 6]. Чаще всего используют косвенные методы для расчета социально-экономических составляющих рисков, так как существует проблема отсутствия достоверной и доступной информации по экономическому ущербу от ОЯ, по числу погибших и пострадавших людей в результате проявления отдельных ОЯ.

Авторами [5, 7] предложено соотносить экономические потери с численностью населения, что позволяет

оценивать уязвимость на основе данных о ВВП, приходящихся на одного жителя. При этом предполагается, что ущерб, создаваемый соответствующим ОЯ, компенсируется за счет ВВП в пересчете на население, попавшее в зону действия ОЯ.

В предлагаемом исследовании представлены оценка вероятности возникновения опасных явлений, обусловленных экстремальными проявлениями температурного режима в Томской области, расчет социально-экономических рисков по методике, предложенной в [7]. Анализ циркуляционных факторов формирования рассмотренных ОЯ был проведен с использованием типизации Б.Л. Дзердзеевского [8, 9]. В работе были использованы данные по температуре воздуха суточного разрешения ВНИИГМИ-МЦД (www.meteo.ru) на десяти станциях Томской области за период с 1981 по 2010 г.

Определения и критерии температурных рисков, исследованных в данной работе, а также отрасли хозяйственного комплекса, наиболее уязвимые к их воздействию, приведены в табл. 1 [1, 10–12].

Для каждого из выбранных критериев (табл. 1) по станциям Томской области были рассчитаны следующие характеристики: повторяемость дней с ОЯ за месяц и за соответствующий период года; повторяемость лет с явлением; средняя и максимальная непрерывная продолжительности периодов; продолжительность периодов с критерием, возможная раз в 30, 50, 100 лет; циркуляционные условия формирования соответствующих ОЯ (по типизации Б.Л. Дзердзеевского).

Непосредственно к ОЯ относят сильную жару и сильный мороз, периоды с аномально холодной / жаркой погодой, тогда как низкие / высокие температуры составляют ОЯ только в сочетании другими неблагоприятными факторами (сильный ветер и т.д.). Следует отметить, что часть анализируемых в работе ОЯ освещается в климатических справочниках. Так, в [13] приведены среднее число дней с температурой различных градаций, повторяемости температуры воздуха различных градаций с непрерывной продолжительностью. При этом периоды более 4 суток не детализируются, а относятся к одной градации «более 48 часов», расчеты приведены для выборочных станций (Томск, Колпашево, Александровское) и только по данным до начала 1990-х гг. Некоторые виды расчетов уязвимости и рисков, создаваемых ОЯ на территории Западной Сибири, приведены в [14].

Температурные риски, наблюдающиеся в Томской области

ОЯ	Характеристика и критерии	Наиболее уязвимые отрасли
Сильный мороз	В период с ноября по март значение минимальной температуры -40°C и ниже в течение 3 суток и более	ТЭК, ЖКХ, с/х, транспорт, строительство
Сильная жара	В период с мая по август значение максимальной температуры достигает $+35^{\circ}\text{C}$ и выше в течение 3 суток и более	ТЭК, с/х, транспорт, лес/хоз, мед.
Аномально холодная погода	В период с октября по март минимальная температура воздуха -35°C и ниже в течение 5 суток и более	ТЭК, ЖКХ, с/хоз, транспорт, строительство
Аномально жаркая погода	В период с апреля по сентябрь максимальная температура воздуха $+30^{\circ}\text{C}$ и выше в течение 5 суток и более	ТЭК, с/х, транспорт, лес/хоз, мед.
Низкие температуры	Значение минимальной температуры воздуха -30°C и ниже любой продолжительности	ТЭК, ЖКХ, транспорт, строительство
Высокие температуры	Значение максимальной температуры воздуха достигает $+30^{\circ}\text{C}$ и выше любой продолжительности	с/х, транспорт, лес/хоз, мед.

Примечание. ТЭК – топливно-энергетический комплекс, ЖКХ – жилищно-коммунальное хозяйство, с/х – сельское хозяйство, лес/хоз – лесохозяйственная отрасль, мед. – медицина (профилактика и лечение заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистых).

Расположение Томской области в центре Евразийского континента обуславливает высокую континентальность климата, которая выражается в формировании режимов низких температур в холодное полугодие и высоких – в теплое. Абсолютный минимум в суточных рядах минимальной температуры воздуха наблюдался на ст. Напас 12 января 2006 г. ($-53,8^{\circ}\text{C}$). Абсолютный максимум в рядах максимальной температуры воздуха наблюдался 10 июля 1999 г. ($36,9^{\circ}\text{C}$, ст. Ванжиль-Кынак).

Наибольшее число периодов (24) с сильными морозами для территории Томской области за рассмотренный интервал отмечено на ст. Ванжиль-Кынак (табл. 2), что в сумме составило 134 дня. Максимальная непрерывная продолжительность таких периодов на разных станциях составила от 4 до 12 дней. На ст. Томск отмечены только два периода с сильным морозом, суммарная продолжительность которых составила 7 дней (см. табл. 2), что можно объяснить как расположением станции (широтой), так и повышенной антропогенной нагрузкой на поле минимальных температур.

Средняя продолжительность периодов с ОЯ «сильный мороз» по территории Томской области закономерно увеличивается с юга на север (рис. 1), при этом выделяется район центральной части области в направлении ст. Пудино – ст. Ванжиль-Кынак с повышенной продолжительностью ОЯ до 5,8 дня.

ОЯ «сильная жара» для территории Томской области не характерно – за период с 1981 по 2010 г. не было зафиксировано ни одного такого периода.

Максимум числа случаев с аномально холодной погодой (АХ) для территории Томской области отмечен на ст. Ванжиль-Кынак, где за 30 лет наблюдалось 30 таких периодов (табл. 2), самый продолжительный из которых составил 25 дней (январь 2006 г.), что является максимумом продолжительности АХ, наблюдавшейся в регионе за рассмотренный интервал лет. Также повторяемость АХ повышена на ст. Напас (3,2%). Наиболее редко аномально холодная погода была зафиксирована на ст. Томск, где было отмечено только 4 таких периода, что в общей сложности за 30 лет составило 30 дней (0,5%).

Таблица 2

Характеристики температурных рисков на станциях Томской области за период 1981–2010 гг.

ОЯ	Характеристика	Александровское	Бакчар	Ванжиль-Кынак	Колпашево	Напас	Первомайское	Пудино	Средний Васюган	Томск	Усть-Озерное
СМ	<i>n</i>	19	12	24	11	20	5	12	14	2	15
	<i>s</i>	80	43	134	52	103	19	48	54	7	77
	<i>d</i>	12	6	11	8	11	6	8	7	4	10
	<i>P</i>	1,8	0,9	3,0	1,1	2,3	0,4	1,1	1,2	0,2	1,7
АХ	<i>n</i>	17	9	30	12	22	6	11	11	4	18
	<i>s</i>	137	62	242	95	175	47	65	84	30	138
	<i>d</i>	16	12	25	13	25	11	12	14	9	13
	<i>P</i>	2,5	1,1	4,4	1,7	3,2	0,9	1,2	1,5	0,5	2,5
АЖ	<i>n</i>	3	7	3	5	6	9	6	9	5	7
	<i>s</i>	18	41	19	32	29	48	35	60	33	51
	<i>d</i>	7	8	8	9	8	11	8	13	9	11
	<i>P</i>	0,3	0,8	0,2	0,6	0,7	1,0	0,7	1,1	0,6	0,6
НТ	<i>n</i>	290	292	355	252	329	178	306	266	177	291
	<i>s</i>	839	671	1155	659	977	475	768	683	398	818
	<i>d</i>	29	25	32	27	28	14	26	28	11	28
	<i>P</i>	18,5	14,8	25,5	14,5	21,5	10,5	16,9	15,1	8,8	18,0
ВТ	<i>n</i>	64	80	68	51	56	90	83	107	77	72
	<i>s</i>	115	162	134	123	127	199	189	228	155	170
	<i>d</i>	7	8	8	10	9	11	8	12	9	11
	<i>P</i>	3,1	4,4	3,6	3,3	3,4	5,4	5,1	6,2	4,1	4,5

Примечание к табл. 2–4. АХ – аномально холодная погода, АЖ – аномально жаркая погода, НТ – периоды низких температур, ВТ – периоды высоких температур, СМ – сильный мороз; *n* – число периодов, *s* – всего дней, *d* – максимальная непрерывная продолжительность периодов, дни, *P* – повторяемость периодов, %.



Рис. 1. Пространственное распределение средней продолжительности периодов с ОЯ «сильный мороз» по территории Томской области

Аномально жаркая погода (АЖ) чаще всего отмечалась на ст. Средний Васюган – 9 периодов (1,1%), суммарная продолжительность которых составила 60 дней (см. табл. 2). Наименьшее число периодов с АЖ отмечено на ст. Александровское (3 периода, 18 дней) и ст. Ванжиль-Кынак (3 периода, 19 дней).

Повторяемость периодов низких температур в Томской области за рассмотренный 30-летний период варьирует от 8,8 до 25,5% (табл. 2), тогда как повторяемость периодов высоких температур не превышает 6,2%. Наибольшее количество дней с низкими температурами воздуха среди рассматриваемых станций наблюдалось на ст. Ванжиль-Кынак (1155 дней), расположенной на северо-востоке Томской области, наименьшее – на юго-востоке области, на ст. Томск (398 дней). Средняя непрерывная продолжительность периодов низких температур за анализируемый период наблюдений в регионе составила 9,1 дня. Максимальная непрерывная продолжительность таких периодов отмечена на ст. Ванжиль-Кынак и составила 32 дня.

Следует сказать, что повсеместно наибольшее количество дней с низкими температурами было зафиксировано в 2010 г., а минимальное количество дней с низкими температурами в Томской области наблюдалось в 1983, 1995 и 2008 гг.

Наибольшее суммарное количество дней с высокими температурами воздуха за исследуемый период (229 дней) было отмечено на ст. Средний Васюган (табл. 2), наименьшее – на ст. Александровское (115 дней). В среднем для всей территории Томской области число дней с высокими температурами составило 160, что более чем в 4 раза меньше числа дней с низкими температурами (744).

Анализ распределения повторяемости ОЯ в годовом ходе показал, что для всей рассматриваемой территории за 30-летний период максимальное количество дней с отрицательными температурными экстремумами наблюдалось в январе. На рис. 2, а приведен пример распределения повторяемости периодов низких температур по месяцам.

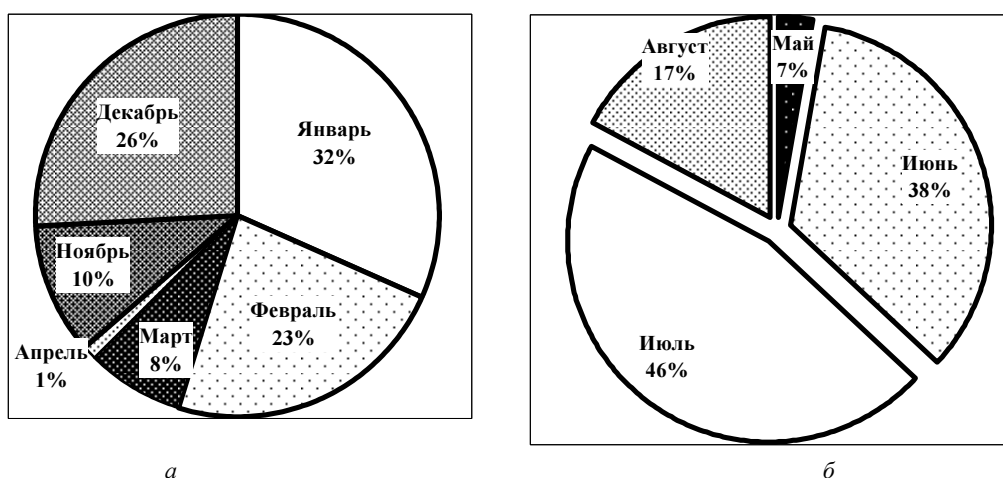


Рис. 2. Повторяемость периодов низких (а) и высоких (б) температур на ст. Ванжиль-Кынак по месяцам

Явления, связанные с положительными экстремумами температуры в Томской области, формируются чаще всего в июле (см. рис. 2, б).

В целом можно заключить, что для Томской области в большей степени характерны и являются более продолжительными волны холода, при этом наиболее уязвимыми являются северная и северо-восточные части территории.

Для получения прогностических характеристик был использован подход, основанный на применении алгоритма цепей Маркова, технология расчета температурных рисков с его применением изложена в [15]. Анализ полученных для станций Томской области вероятностей перехода показал, что периоды, связанные с отрицательными температурами, более устойчивы, чем обусловленные положительными экстремумами, так как вероятности смены дня с низкой температурой днем без ОЯ гораздо ниже, чем для дня с высокой температурой.

Далее, зная вероятности перехода, алгоритм позволяет проводить расчет максимальной продолжительности периодов с соответствующими характеристиками, возможных в заданное число лет для любого месяца или сезона, т.е. получать климатические характеристики различной обеспеченности. Прогноз, составленный с использованием цепей Маркова, можно отнести к разряду инерционных прогнозов в вероятностной форме, который, при условии адекватности модели фактическим данным, может значительно повышать качество обеспечения метеорологической информацией различных отраслей экономики и социальной сферы. В данной работе были рассмотрены интервалы в 30, 50 и 100 лет.

В табл. 3 приведены рассчитанные значения продолжительности периодов с рассматриваемыми в статье характеристиками для каждой станции. Так, например, один раз в 50 лет в Томске аномально жаркая погода может отмечаться в течение 15 дней подряд (табл. 3), а сильный мороз – 9 дней подряд.

Таблица 3

Продолжительность экстремальных температурных периодов на станциях Томской области, возможная один раз в k лет, дни

Станция	k, годы														
	АХ			АЖ			НТ			ВТ			СМ		
	30	50	100	30	50	100	30	50	100	30	50	100	30	50	100
Александровское	15	16	17	9	10	11	18	19	21	10	11	11	8	10	13
Бакчар	10	11	12	11	12	13	14	15	16	12	13	14	8	9	11
Ванжиль-Кынак	15	18	25	10	11	12	21	22	24	11	12	13	10	12	16
Колпашево	13	15	16	13	14	15	16	17	18	14	15	17	9	11	14
Напас	15	16	17	12	13	14	19	20	21	13	14	16	9	12	15
Первомайское	11	12	13	13	14	15	15	16	18	14	15	16	8	9	12
Пудино	11	12	13	13	14	15	16	17	18	14	15	16	9	12	16
Средний Васюган	13	14	15	12	13	14	16	17	18	14	14	15	8	10	12
Томск	12	13	14	11	12	13	13	14	15	12	13	14	7	9	11
Усть-Озерное	13	15	16	13	14	15	18	19	20	15	15	17	9	12	15

Анализ табл. 3 показывает, что наиболее продолжительные экстремальные температурные периоды, обусловленные отрицательными температурами, характерны для ст. Ванжиль-Кынак, наименее продолжительные – для ст. Бакчар и ст. Первомайское. Наиболее продолжительные экстремальные температурные периоды, обусловленные положительными температурами, характерны для ст. Первомайское, Усть-Озерное, Пудино, Колпашево, наименее продолжительные – для ст. Александровское.

Для подтверждения адекватности предложенной модели оценивалась связь между расчетной и фактической вероятностями наступления периодов с заданными характеристиками. Установлено, что связь достаточно высокая (0,98) и описывается линейным уравнением. Таким образом, считаем, что модельные данные соответствуют фактическим. Кроме того, соответствие расчетного распределения фактическому оценивалось по критерию согласия Пирсона. Во всех случаях условие выполнялось, т.е. гипотезу о соответствии модели фактическим данным следует считать достоверной.

На основе полученных данных по повторяемости ОЯ, используя методику, предложенную в работах [5, 7], был проведен расчет социальных и экономических рисков для территории Томской области применительно к каждому из рассматриваемых температурных критериев. В предложенной методике под социальным риском понимают

вероятность попадания населения рассматриваемой территории в зону с ОЯ в среднем за год. Для расчета предлагается формула

$$R_{\text{соц}} = (n_i / N) \cdot (s_i / S) \cdot t_{\text{ср}} \cdot m \cdot k,$$

где n_i – число случаев с i -м ОЯ на рассматриваемой территории за весь период наблюдений, N – общее число наблюдений (число лет), s_i – средняя площадь, охватываемая i -м ОЯ (км²), S – площадь всей территории (км²), $t_{\text{ср}}$ – средняя продолжительность ОЯ (дни), k – коэффициент агрессивности ОЯ, m – число жителей на рассматриваемой территории [7]. Режим глобальной циркуляции над территорией Томской области позволяет принять за площадь, охватываемую температурными ОЯ, площадь всей области или отдельных районов. Отношение (n_i / N) – повторяемость лет с явлением, это есть эмпирическая частота соответствующего ОЯ, показывающая долю лет с ОЯ (в %) из рассмотренного интервала времени (30 лет), когда отмечались соответствующие температурные условия, способствующие формированию рисков. Так, например, только на ст. Томск периоды низких температур наблюдались менее 100% лет, на остальных станциях такие периоды отмечены ежегодно, создавая риски для социальной активности и деятельности населения области. Периоды высоких температур формировались не каждый год: от 83% (ст. Колпашево, Напас) до

97% (ст. Первомайское, Томск). Процент повторяемости лет с аномально холодной погодой уже значительно ниже: от 13% в Томске до 70% в Ванжиль-Кынаке. Температурные условия, соответствующие аномально жаркой погоде, наблюдались менее чем в 30% лет. Сильный мороз отмечался на ст. Томск только в 7% лет, тогда как на ст. Ванжиль-Кынак – в 43% лет.

Расчеты социальных рисков показали, что наибольший риск для области представляют периоды низ-

ких температур (табл. 4) главным образом в Томском и Колпашевском районах области, что обусловлено, помимо географического положения района, в большей степени численностью населения. Следует отметить, что для Томского района отмечаются максимальные социальные риски от ОЯ, связанных как с отрицательными, так и с положительными экстремумами температуры, что обусловлено максимальной плотностью населения.

Таблица 4

Социальные и экономические риски, возможные при формировании соответствующих экстремальных температурных периодов в различных районах Томской области за период с ОЯ средней продолжительности

Район	Население, тыс. чел.	Социальный риск, тыс. чел.					Экономический риск, тыс. руб.				
		НТ	ВТ	АХ	АЖ	М	НТ	ВТ	АХ	АЖ	М
Александровский	8,5	8,5	2,9	5,9	0,7	2,3	56,5	7,8	31,3	2,7	6,0
Бакчарский	13,0	11,7	4,7	4,2	3,1	2,8	70,0	12,5	19,7	12,5	7,4
Каргасокский	21,2	21,2	8,8	10,2	4,2	6,4	141,0	29,4	61,0	17,0	21,2
Колпашевский	40,2	40,2	13,4	34,3	9,6	16,1	267,4	35,6	182,4	38,5	53,5
Первомайский	18,6	13,0	9,0	5,0	6,0	2,5	60,6	29,9	26,4	23,8	6,6
Парабельский	12,5	11,3	4,5	5,0	2,5	3,5	67,4	12,0	19,9	10,0	13,9
Томский (включая г. Томск)	630,1	365,6	304,7	134,1	147,3	33,8	1459,13	1013,29	713,55	685,97	89,86
Верхнекетский	16,8	16,8	7,8	10,8	5,5	5,6	111,8	26,1	57,2	25,5	18,6

Примечание. М – мороз.

Далее был проведен расчет экономических рисков, создаваемых соответствующими ОЯ. Как отмечено выше, целесообразно соотносить этот тип рисков с данными о доле ВВП, приходящейся на одного жителя региона, попавшего в зону ОЯ, за время (число дней), равное продолжительности ОЯ [5, 7]. Данная методика также предполагает учет различий в силе воздействия разных ОЯ на объект, что выражается во введении коэффициента агрессивности соответствующего ОЯ, который для температурных рисков предлагаем считать за 0,1 для периодов низких / высоких температур и за 0,2 – для остальных ОЯ. В [5, 7] экономическим риском предлагают называть совокупный ущерб от ОЯ на данной территории и предлагают рассчитывать как

$$R_r = A \cdot R_{\text{соц}},$$

где A – сумма долей ВВП, приходящихся на одного жителя области, за период, равный средней продолжительности ОЯ. Для расчетов экономических рисков (табл. 4) нами использованы данные сайта Администрации Томской области за 2012 г. [16].

В результате получено, что все районы Томской области в большей степени экономически уязвимы при формировании периодов низких температур (табл. 4), область может терять порядка 2 млн рублей за средний такой период. Результаты косвенной оценки экономических рисков показали, что их максимальные значения при формировании как положительных, так и отрицательных экстремальных температурных периодов наблюдаются в Томском районе, что обусловлено максимальной плотностью населения на фоне остальных районов области. Отметим, что разный уровень экономического развития того или иного района существенно влияет на уровень уязвимости территории. Необходима разработка количественного критерия, позволяющего учитывать данные свойства региона. Используемый в данной работе подход относительно прост и позволяет получать приемлемые результаты для учета их при планировании адаптационных мероприятий в различных секторах экономики.

Для изучения циркуляционных условий, способствующих формированию рассматриваемых ОЯ на территории Томской области, были проанализированы отмечавшиеся в это время элементарные циркуляционные механизмы (ЭМЦ), согласно типизации Б.Л. Дзердзеевского [8], выбранные из Календаря последовательной смены ЭЦМ [9]. Важной особенностью этой типизации является то, что, характеризуя состояние циркуляции атмосферы над внетропической зоной Северного полушария, она позволяет отслеживать перемещение барических образований в конкретном регионе, что в свою очередь используется разными специалистами для анализа глобальных и региональных изменений климата и природной опасности различных территорий [8].

В табл. 5 приведены значения повторяемости ЭЦМ по группам и типам в дни с рассматриваемыми ОЯ. Установлено, что за данный период экстремальные температурные условия, обусловленные низкими температурами, аномально холодной погодой и сильным морозом, в 84–94,6% дней отмечались при меридиональных группах циркуляции с существенным преобладанием меридиональной северной группы. Данная группа циркуляции характеризуется активными блокирующими процессами, с которыми связаны продолжительные и сильные погодные аномалии на значительных территориях. Следует отметить, что увеличение экстремальности явления соответствует, в целом, увеличению вклада меридиональных групп и особенно меридиональной южной группы циркуляции (табл. 5).

Наибольшей повторяемостью в дни с низкими температурами отличаются ЭЦМ 13з (повторяемость по станциям составляет 25,5÷29,6%), 11а (7÷10%), 12бз (6,5÷8,4%), 12г (3,8÷5,4%) и 12а (3,5÷5%) (рис. 3). В сумме это составляет 47÷56% общей продолжительности дней с низкой температурой. Периоды с аномально холодной погодой и сильным морозом устанавливались при ЭЦМ 13з (25÷56%), 12бз (7,2÷42%), 12г (5÷43%), 12а (3÷14%). На рис. 3 приведено распределение по-

вторяемости ЭЦМ в дни с ОЯ холодного периода на ст. Томск.

Низкие температуры при ЭЦМ 11а формируются при условии развитого Сибирского антициклона на большей части Западной Сибири (рис. 4). В 70% случаев полоса повышенного давления в Сибири формировалась развитием к северу гребня Сибирского антициклона с последующим усилением его интенсивности и стационарности притоком холодного арктического воздуха. Это наиболее характерный процесс холодного периода. При ЭЦМ 12б3 аномально холодная погода и сильный мороз формируются при арктических вторжениях, зависящих от положения отрога Сибирского антициклона. Вторжение на Азию выражается более слабыми потоками хо-

лодного воздуха, пополняющими вытягивающийся к северу отрог Сибирского антициклона. Направление арктического вторжения, таким образом, определяется положением этого отрога (см. рис. 4). ЭЦМ 12а, при котором сочетание четырех блокирующих процессов с четырьмя одновременными выходами южных циклонов на полушарии создает значительные горизонтальные градиенты, способствует формированию температурных экстремумов как в летний, так и в зимний сезоны. При этом циркуляционном механизме юг Западной Сибири оказывается в арктической воздушной массе в результате распространения на эту территорию гребня арктического Az, направленного на Сибирь, что в свою очередь способствует радиационному выхолаживанию зимой.

Таблица 5

Повторяемость групп циркуляции и основных ЭЦМ в дни с ОЯ на территории Томской области

Группа циркуляции	НТ		АХ		СМ		ВТ		АЖ	
	Р, %	ЭЦМ	Р, %	ЭЦМ	Р, %	ЭЦМ	Р, %	ЭЦМ	Р, %	ЭЦМ
Зональная	2,7	1б	0,4	1б	0,2	2б	7,6	2а	10,9	2а
Нарушение зональности	13,4	5а, 7аз	5,9	5а, 4б	5,2	5а, 5б	12,0	3, 4б	8,5	3, 6
Меридиональная северная	53,6	11а, 12б3, 12г, 12а, 11б, 10а	56,7	12б3, 12г, 12а, 11б, 11г	53,5	12б3, 12г, 12а, 8гз	39,1	9а, 10б, 11г, 8гз, 12а	48,5	9а, 11г, 12вл
Меридиональная южная	30,3	13з	37,0	13з	41,1	13з	41,3	13л	32,2	13л

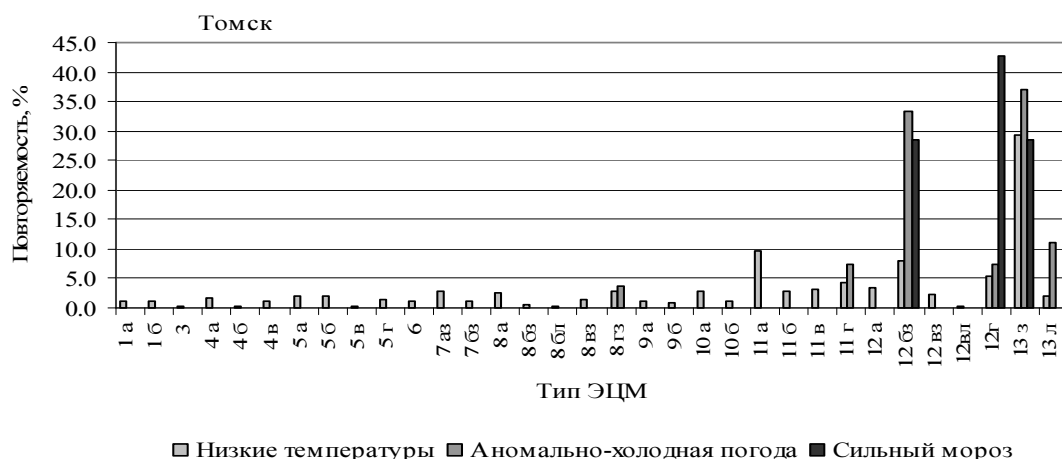


Рис. 3. Повторяемость ЭЦМ в дни с ОЯ на ст. Томск

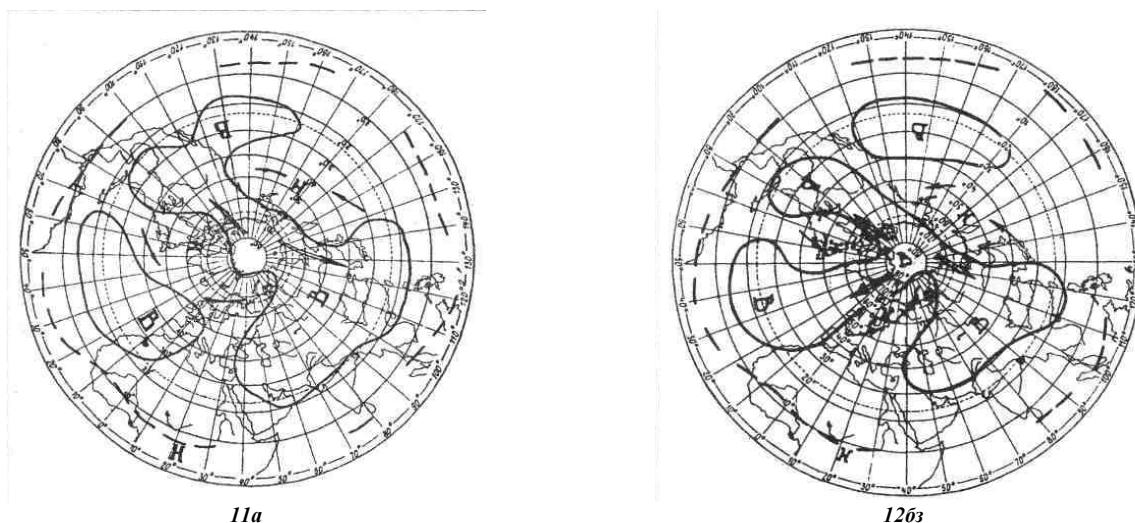


Рис. 4. Динамические схемы ЭЦМ 11а и 12б3 [18]

Представленное распределение повторяемости типов ЭЦМ в дни с низкими температурами на ст. Ванжиль-Кынак (рис. 5) показало, что наиболее часто данный температурный режим формируют ЭЦМ меридиональной южной группы 13з (25,5%) и меридиональной северной – 11а

(7,6%), 12бз (6,5%) и 11в (5%). Причем низкие температуры были зафиксированы при широком диапазоне ЭЦМ (38 из возможных 41 ЭЦМ), однако вклад ЭЦМ из групп зональной циркуляции и отклонения от зональной значительно меньше меридиональных групп (17,5%).

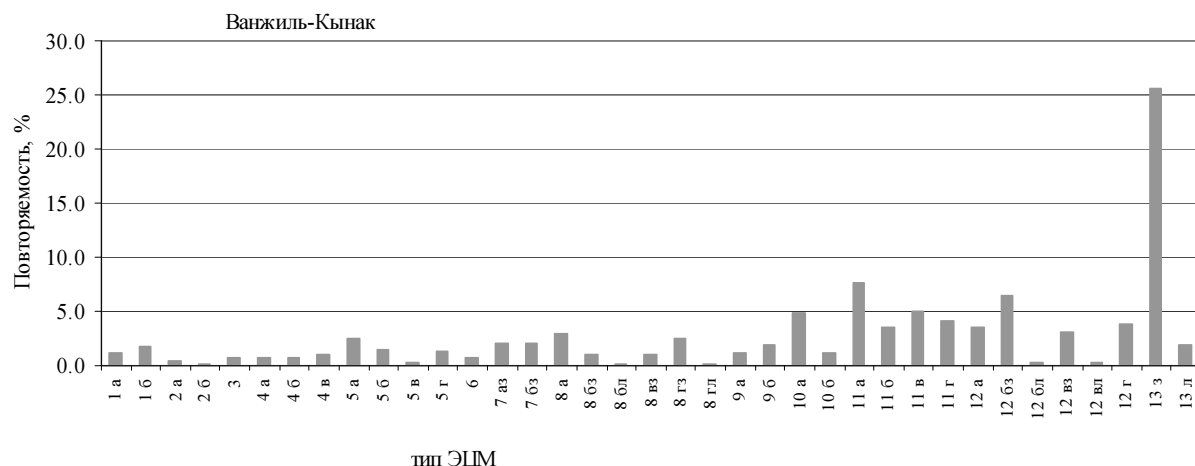


Рис. 5. Повторяемость ЭЦМ в дни с низкими температурами на ст. Ванжиль-Кынак

Аномальные температурные условия в теплый период на территории Томской области формируются преимущественно при антициклонической циркуляции либо при формировании малоградиентной области пониженного давления. Так, периоды с аномально жаркой погодой и высокими температурами над территорией Томской области устанавливались преимущественно при ЭЦМ 13л (24÷52%), 9а (5÷47%), 11г (3÷42%), 2а (4÷33%), 3 (2÷9%). По данным [18], антициклоническая ситуация складывается при распространении на территорию юга Западной Сибири гребней Арктического антициклона, направленных на Сибирь (ЭЦМ 12а, 12бл, 12вл), отрогов Азорского антициклона (ЭЦМ 8гл, 10б) либо при формировании самостоятельного ядра повышенного давления (ЭЦМ 2а, 3, 9б, 13л). Интенсивная трансформация воздушных масс над континентом приводит к повышению уровня конденсации в атмосфере и ослаблению циклонической деятельности, что служит причиной образования малоградиентной области пониженного давления (ЭЦМ 4б, 6, 9а).

Наибольший вклад в формирование температурных рисков (холодная / жаркая погода, периоды с низкой / высокой температурой и периоды «сильный мороз») вносят ЭЦМ 13з и 13л (см. табл. 5, рис. 6). При них отмечаются значительные горизонтальные барические градиенты, что создает благоприятные условия для формирования метеорологических экстремумов. При данном типе ЭЦМ стихийные бедствия возникают одновременно в разных регионах Северного полушария. Так, в январе при ЭЦМ 13з в Европейском секторе формируются экстремумы, характерные преимущественно для циклонических образований (интенсивные осадки, сильный ветер и др.), а в Сибирском – экстремумы, обусловленные стационарированием антициклона (сильные морозы). Более 60% всех июльских экстремумов в Сибири связаны с ЭЦМ 13л, при котором выходят южные циклоны. С этим ЭЦМ связаны интенсивные осадки, град, смерчи, шквалы. В то же время в местах образования локальных антициклонов (в южных районах Западной Сибири) формируются положительные температурные экстремумы [9, 19].

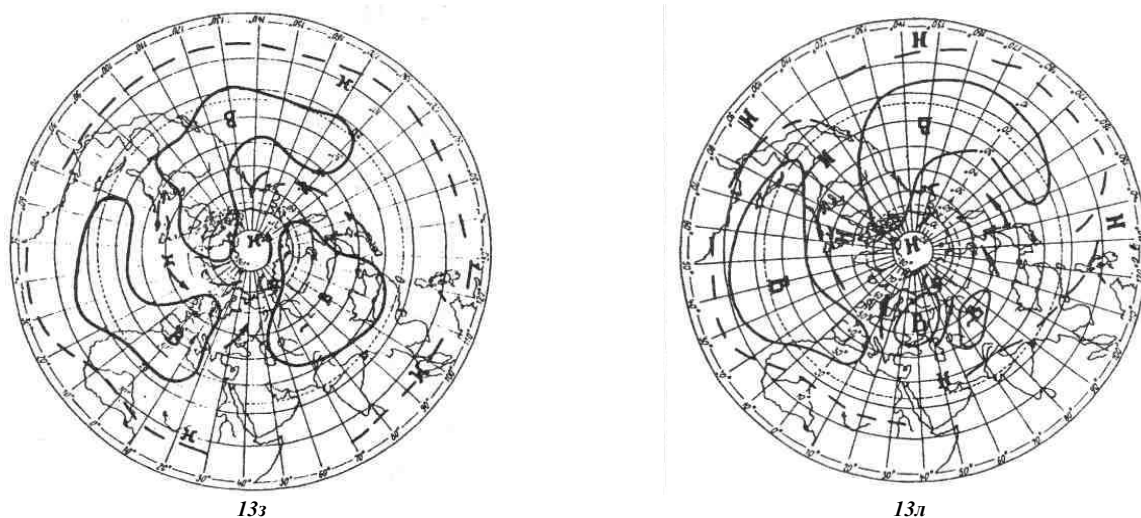


Рис. 6. Динамические схемы ЭЦМ 13з и 13л [18]

Таким образом, начало XXI в. является переходным периодом от господства наиболее неустойчивых, провоцирующих метеорологические ОЯ южных меридиональных процессов в Северном полушарии к преобладанию меридиональных северных. Можно предположить, что в связи с этим повторяемость опасных процессов несколько уменьшится, но в настоящее время продолжительность меридиональных южных процессов все ещё почти вдвое выше средней, что определяет высокую вероятность появления обусловленных ими природных катастроф. Ежегодная повторяемость блокирующих процессов с 2000 г. также превосходит среднюю. С началом быстрого роста продолжительности блокирующих процессов (с 1998 г.) стали чаще наблюдаться засухи, а также низкие температуры. В 2009 г. в связи с ростом продолжительности арктических вторжений и антициклонической погоды зимой максимум чрезвычайных ситуаций наблюдался в Сибирском федеральном округе,

где было зафиксировано 144 ОЯ, из которых 13 были связаны с сильными морозами, метелями, заморозками [20]. В 2010 г. отмечены сильнейшие температурные аномалии для России в целом и для отдельных регионов [21]. Так, в Западной Сибири в связи с блокинговой активностью наблюдалась аномально холодная зима. Такой характер циркуляции продлится ещё 10–15 лет, о чем с достаточной уверенностью свидетельствует анализ особенностей многолетних колебаний характера атмосферной циркуляции Северного полушария за 1899–2009 гг., выполненный Н.К. Кононовой [20]. Следовательно, в различных районах на территории России и в том числе на территории Томской области следует ожидать повышенную повторяемость периодов с экстремальными температурами и проводить в хозяйствах районов области соответствующие адаптационные мероприятия, которые будут способствовать минимизации экономического и социального ущерба.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Справочник по опасным природным явлениям в республиках, краях и областях Российской Федерации* / под ред. К.Ш. Хайруллина. 2-е изд., испр. и доп. СПб. : Гидрометеониздат, 1997. 587 с.
2. *Материалы к стратегическому прогнозу изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России*. М. : Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), 2005. 88 с.
3. Гюингла Р.М., Маскаренхас А. Управление в условиях климатических рисков на западе Южной Америки: осуществление успешной информационной системы // Бюллетень ВМО. Женева : Секретариат ВМО, 2009. Т. 58, № 3. С. 188–196.
4. *Гидрометеорологические риски* / Л.Н. Карлин [и др.] ; под ред. проф. Л.Н. Карлина. СПб. : Изд-во РГТМУ, 2008. 282 с.
5. Кобышева Н.В., Галюк Л.П., Панфутова Ю.А. Методика расчета социального и экономического рисков, создаваемых опасными явлениями погоды // Труды ГГО. 2008. Вып. 558. С. 162–171.
6. Быков А.А., Акимов В.А., Фалеев М.И. Нормативно-экономические модели управления риском // Деловой экспресс. 2004. Т. 1, № 2. С. 125–137.
7. Кобышева Н.В., Кобышев Е.А. Районирование территории России по степени опасности смерчей // Природные опасности России. Т. 5 : Гидрометеорологические опасности, 2001. С. 165–167.
8. Дзердзеевский Б.Л., Курганская В.М., Витвицкая З.М. Типизация циркуляционных механизмов в Северном полушарии и характеристика синоптических сезонов // Труды научно-исследовательских учреждений Главного управления гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология. Вып. 21. Центральный институт прогнозов. М. ; Л. : Гидрометиздат, 1946. 80 с.
9. Кононова Н.К. Динамика циркуляции атмосферы в XX – начале XXI века. URL: <http://www.atmospheric-circulation.ru> (дата обращения: 11.02.2013).
10. *Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения*. Обнинск : ИГ-СОЦИН, 2009. 62 с.
11. *Перечень и критерии опасных гидрометеорологических явлений для территории обслуживания Западно-Сибирского УГМС*. URL: <http://www.meteo-nso.ru/img/files/perechen.pdf> (дата обращения: 21.07.2012).
12. *Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами* / под ред. д-ра геогр. наук, проф. Н.В. Кобышевой. СПб. : Астерион, 2008. 336 с.
13. *Научно-прикладной справочник по климату СССР*. Сер. 3. Многолетние данные. Вып. 20: Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край. СПб. : Гидрометеониздат, 1993. 718 с.
14. Лучицкая И.О., Белая Н.И. Об оценке уязвимости территории юго-востока Западной Сибири и рисков, создаваемых опасными метеорологическими явлениями // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований : Всерос. науч. конф. с междунар. участием. 19–22 мая 2009 г. / под ред. Ю.П. Переведенцева, В.А. Рубцова. Казань : Отечество, 2009. С. 328–331.
15. Волкова М.А., Кусков А.И., Чередыко Н.Н. Пространственно-временная структура атмосферных осадков в Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 328. С. 214–219.
16. *Официальный сайт Администрации Томской области*. URL: <http://tomsk.gov.ru> (дата обращения 22 марта 2013 г.)
17. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / отв. ред. А.Б. Шмакин. М. : Воентехиниздат, 2009. 372 с.
18. Кононова Н.К. Циркуляционные условия возникновения опасной атмосферной засухи на юге Западной Сибири / Н.К. Кононова, Е.А. Черенкова // Международная научно-практическая конференция «ГЕОРИСК-2009». М. : РУДН, 2009. Т. 1. С. 38–43.
19. Кононова Н.К. Тенденции изменения повторяемости метеорологически обусловленных чрезвычайных ситуаций в России в связи со сменой характера циркуляции атмосферы // X научно-практическая конференция «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций». М. : Центр Антистихий, 2010. С. 56–57.
20. Мохов И.И. Аномальное лето 2010 года в контексте общих изменений климата и его аномалии // Анализ условий аномальной погоды на территории России летом 2010 года : сб. докл. / под ред. Н.П. Шакиной. М. : Триада. 2011. С. 41–47.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 27 июня 2013 г.