

УДК 551.582.2

Динамика показателей экстремальности климата на территории Западной Сибири

Л.А. Огурцов¹, Н.Н. Чередыко¹, М.А. Волкова², Г.Г. Журавлев^{2*}

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3

²Национальный исследовательский Томский государственный университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

Поступила в редакцию 14.06.2016 г.

Представлены результаты анализа динамики показателей экстремальности климата на территории Западной Сибири. Для вычисления индексов использованы суточные данные 75 метеорологических станций Западной Сибири за период 1961–2013 гг., который для оценки тенденций был разделен на два интервала: 1961–1990 и 1991–2013 гг.

Выявлены уменьшение частоты холодных дней и ночей за период 1991–2013 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг., значимое лишь на нескольких станциях, и увеличение теплых экстремальных температурных показателей, значимое на большей части территории. Изменения от периода к периоду индексов экстремальности осадков неравнозначны и разнонаправлены в различных частях Западной Сибири. В северной части рассматриваемой территории произошло уменьшение числа дней с осадками различной интенсивности на 1–2 дня. Южная территория характеризуется ростом на 1–2 дня числа дней с осадками различной интенсивности. Изменения в динамике индексов экстремальности осадков в среднем от периода к периоду в большинстве случаев незначимы, что может быть связано отчасти с редкой наблюдательной сетью, особенно севернее 60-го градуса широты, и что подтверждает необходимость ее оптимизации. Наиболее успешно эта проблема может быть решена за счет использования автоматических автономных измерительных установок.

Применение компонентного анализа для оценки синхронности изменения температурных критериев по территории показало их высокую пространственную согласованность, что может быть обусловлено вкладом крупномасштабных процессов в динамику показателей экстремальности температурного режима. Компонентный анализ динамики экстремальных осадков показал несогласованность его изменений в пределах территории исследования, что подтверждает существенное влияние местных факторов на режим осадков.

Ключевые слова: индексы экстремальности температуры, индексы экстремальности осадков, Западная Сибирь, согласованность; extreme temperature indices, precipitation extreme indices, Western Siberia, synchronicity of changes.

Введение

Выявление закономерностей в динамике показателей экстремальности климата крайне важно в проблеме изменения климата. Увеличение частоты и интенсивности проявления экстремальных событий влечет за собой серьезные последствия для природы и населения планеты. Помимо прямого ущерба, такие проявления климатического режима, как правило, усиливают другие негативные факторы среды, что в совокупности приводит к увеличению экономического и социального ущерба. Экстремальные события характеризуются малыми вероятностями, но несут в себе больше информации с точки зрения оценки рисков изменения климата, чем средние значения метеорологических величин, которые не явля-

ются наблюдаемой величиной. Показатели экстремальности климата и их динамика определяют границы естественной изменчивости погодно-климатических условий соответствующей территории, что существенно расширяет климатические описания и должно обязательно учитываться в моделировании и прогнозировании климата. До настоящего момента отсутствует единая теория, объясняющая механизмы и частоту проявления климатических аномалий. Поэтому важен подробный анализ эмпирических данных для оценки индексов экстремальности климата в различных регионах, как для понимания неопределенностей в проявлении и механизмах изменений климата этих регионов, так и для обеспечения глобальной картины закономерностей экстремальных климатических проявлений с целью усовершенствования глобальных моделей.

Существуют различные определения понятия «экстремальность»: например, крайнее, сложное состояние окружающей среды или степень комфорта/дискомфорта. В [1] это понятие определяется как

* Леонтий Александрович Огурцов (1991leon@mail.ru); Наталья Николаевна Чередыко (atnik3@gambler.ru); Марина Александровна Волкова (mv2101@mail.ru); Георгий Георгиевич Журавлев (ggz50@sibmail.com).

метеорологическое явление, которое является редким в рамках его статистического эталонного распределения в каком-либо конкретном месте и встречается как десятый или девяностый процентиль (мера, в которой процентное значение общих значений равно этой мере или меньше ее). Рабочей группой Всемирной метеорологической организации (ВМО) были разработаны и рекомендованы индексы экстремальности климата, которые рассчитываются по суточным данным температуры и осадков [2]. Эти процентильные индексы широко используются в региональных исследованиях [3–9]. Одна из первых попыток глобальной оценки экстремальности температуры и осадков была проведена в работе [10], где были показаны значительные изменения в динамике индексов экстремальности климата, такие как сокращение морозных дней, увеличение числа теплых ночей, учащение ливней. Обобщенные данные динамики индексов экстремальности по России приведены в работе [11]. Для более подробного анализа пространственно-временной структуры распределения показателей экстремальности климата для территории Западной Сибири требуется более детальное исследование.

Исходные данные и методы исследования

Целью данной работы являлась оценка динамики индексов режима осадков и температурного режима на территории Западной Сибири за период современных климатических изменений (1961–2013 гг.). Материалом для исследований послужил банк суточных метеорологических данных ВНИИГМИ-МЦД, использованы данные 75 станций. Были рассчитаны индексы экстремальности, в том числе разработанные и рекомендованные объединенной рабочей группой ВМО [2, www.cliwar.org]. Определения выбранных критериев экстремальности температурного режима и режима осадков приведены в табл. 1.

Для оценки изменения рассчитанных индексов период 1961–2013 гг. был разбит на два: 1961–1990 и 1991–2013 гг. На каждой станции была вычислена разница между средними значениями за периоды 1961–1990 и 1991–2013 гг. по каждому показателю. Выбор периодов обусловлен наличием достоверных рядов за последние 53 года на большей части станций, а также рекомендацией ВМО принять период 1961–1990 гг. за период нормы. Выяснение статистической значимости полученных различий проводилось с помощью *t*-критерия Стьюдента. На основе полученных в ходе исследования данных были построены карты современного распределения и карты изменения распределения средних значений индексов экстремальности за период 1991–2013 гг. по сравнению с периодом нормы (1961–1990 гг.). На карты нанесены только статистически значимые различия. Кроме того, в настоящей статье представлен анализ циркуляционных условий формирования экстремальных событий на основе типизации Б.Л. Дзержевского [12].

Динамика показателей экстремальности температурного режима

Анализ динамики рассчитанных для территории Западной Сибири показателей экстремальности температурного режима для всего периода исследования не выявил значимых тенденций. В среднем для периода 1991–2013 гг. по сравнению с периодом нормы почти на всех станциях отмечаются уменьшение числа холодных ночей и дней в году и увеличение числа теплых ночей и дней в году (табл. 2). Тем не менее только на станции Диксон выявлены значимые изменения всех рассмотренных критериев экстремальности температурного режима, причем здесь обнаружено максимальное для всей территории исследования увеличение числа теплых ночей в году

Таблица 1

Характеристики критериев экстремальности климата

Индекс	Характеристики
<i>TN10p</i> – повторяемость холодных ночей в году	Число суток с минимальными температурами (<i>TN</i>) ниже 10% процентиля ежесуточного распределения минимальных температур за базовый период 1961–1990 гг. (дни)
<i>TX10p</i> – повторяемость холодных дней в году	Число суток с максимальными температурами (<i>TX</i>) ниже 10% процентиля ежесуточного распределения максимальных температур за 1961–1990 гг. (дни)
<i>TN90p</i> – повторяемость теплых ночей в году	Число суток с минимальными температурами (<i>TN</i>) выше 90% процентиля ежесуточного распределения минимальных температур за базовый период 1961–1990 гг. (дни)
<i>TX90p</i> – повторяемость теплых дней в году	Число суток с максимальными температурами (<i>TX</i>) выше 90% процентиля ежесуточного распределения максимальных температур за базовый период 1961–1990 гг. (дни)
<i>R15mm</i> – повторяемость сильных осадков	Число суток с осадками ≥ 15 мм/сут (дни)
<i>R5mm</i> – число сильных снегопадов	Число суток с осадками ≥ 5 мм/сут при температуре < 0 °C
<i>R95p</i> – сумма сильных осадков, мм	Годовая сумма сильных осадков (выше 95% процентиля распределения суточных осадков за 1961–1990 гг. в общем годовом количестве осадков)
<i>R1d</i> – максимальная сумма осадков за сутки, мм	Максимальное количество осадков в году, выпавших за сутки

Таблица 2

Изменения средних за период 1991–2013 гг. показателей экстремальности температурного режима на станциях Западной Сибири по сравнению с периодом нормы

Станция	TN10p	TX10p	TN90p	TX90p
Диксон	-9,5	-7,6	21,0	10,6
Амдерма	-6,4	-5,1	14,4	5,4
Маррессаля	-6,1	-4,8	19,4	6,4
Дудинка	-4,5	-2,3	5,8	5,5
Игарка	-7,3	-3,9	5,1	4,7
Салехард	-6,8	-3,3	6,7	6,5
Туруханск	-6,1	-1,3	6,4	2,6
Саранпауль	-7,7	-3,1	6,5	4,7
Тарко-Сале	-7,2	-1,0	8,1	3,4
Няксимволь	-7,5	-3,2	5,5	1,4
Ханты-Мансийск	-4,8	-1,5	6,7	3,2
Александровское	-5,3	-1,3	2,0	6,2
Ванжиль-Кынак	-7,0	1,7	7,4	1,9
Тюмень	-5,7	-2,2	5,3	6,5
Омск	-3,6	-2,4	5,6	1,2
Средний Васюган	-4,3	-1,2	3,2	6,3
Усть-Озерное	-8,2	-1,4	6,4	-0,1
Колпашево	-6,3	-2,6	3,6	7,0
Пудино	-4,9	-1,3	6,1	4,6
Первомайское	-7,8	-4,3	7,9	9,0
Северное	-3,5	-3,3	7,7	5,3
Томск	-6,0	-3,0	7,4	5,5
Ачинск	-8,6	-5,7	11,1	7,8
Тайга	-4,7	-1,9	7,7	4,4
Тисуль	-1,6	-4,1	9,0	7,8
Барабинск	-5,2	-2,4	5,1	2,6
Огурцово	-4,7	-2,9	8,5	3,9
Кемерово	-5,2	-2,6	12,4	6,7
Светлолобово	-3,3	-2,5	7,4	5,5
Ненастная	-2,0	-3,6	5,3	4,2
Камень-на-Оби	2,4	-1,9	2,4	7,5
Барнаул	1,9	-0,5	4,5	5,3
Неожиданный	-5,2	-2,5	7,6	10,6
Ребриха	1,8	-0,6	6,2	1,3
Бийск-Зональная	-4,1	-0,7	13,3	5,6
Рубцовск	-1,5	-1,6	4,9	4,9
Змеиногорск	-0,7	-2,6	7,9	4,8
Солонешное	-3,2	-2,7	5,5	8,6
Кызыл-Озек	-8,2	-3,1	12,0	8,1
Яйлю	-2,3	-1,4	8,9	7,9
Усть-Кокса	-7,4	-9,0	11,0	6,3
Кош-Агач	-12,0	-5,6	14,4	9,0
Кара-Тюрек	-4,0	-1,8	7,0	8,5

Примечание. Выделены статистически значимые различия.

в среднем за последние два десятилетия (21 день). На 20 станциях значимых изменений рассмотренных индексов не выявлено. На станциях Тара, Камень-на-Оби, Барнаул, Ребриха получено увеличение числа холодных ночей в году, однако этот рост незначим. Также рост числа холодных дней в году, отмеченный на нескольких станциях, оказался незначим. Значимое уменьшение индекса TX10p (число холодных дней) выявлено только на двух станциях: Диксон и Усть-Кокса.

Число теплых ночей увеличилось на большей части территории. Максимальное увеличение дан-

ного индекса выявлено на крайних северных станциях Диксон, Маррессаля, Амдерма и на станции Кош-Агач, расположенной в Чуйской котловине Алтайских гор на высоте 1760 м. Данный результат подтверждает обозначенную в ряде работ повышенную чувствительность арктических и горных территорий к климатическим колебаниям.

Рост числа теплых дней отмечен преимущественно на станциях южной и юго-восточной части исследуемой территории (см. табл. 2). На станциях Диксон и Кош-Агач выявлен рост и среднего числа теплых ночей в году, и среднего числа теплых дней. Причем индексы на этих станциях в тройке максимальных для всей территории.

Сравнительный анализ динамики холодных дней и ночей для каждой станции (рис. 1, пример для станций Омск и Диксон) показал высокую степень согласованности в изменении этих индексов:

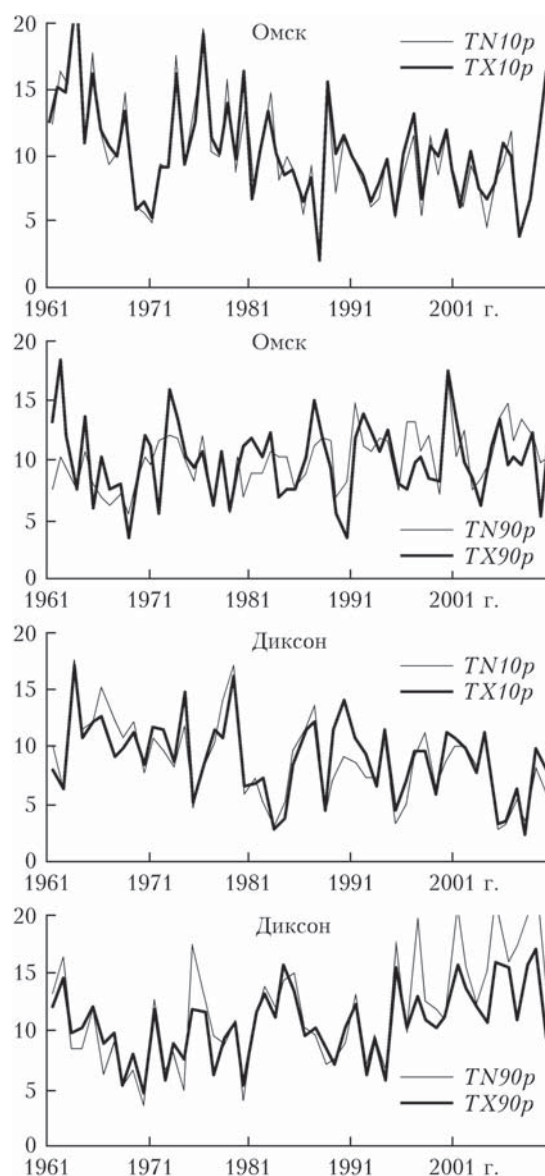


Рис. 1. Динамика индексов экстремальности температурного режима на станциях Омск и Диксон за период 1961–2013 гг.

коэффициент корреляции в среднем по территории составил 0,91 (минимум 0,84 на станции Ванжиль-Кынак, максимум 0,96 на станциях Усть-Кокса и Омск). Динамика теплых дней и ночей характеризуется коэффициентом корреляции в среднем для территории 0,61. Все станции северной части территории исследования характеризуются коэффициентом корреляции более 0,7. На южных и юго-восточных станциях связь характеризуется преимущественно коэффициентом корреляции менее 0,5.

Динамика показателей экстремальности режима осадков

Для индексов экстремальности в режиме осадков Западной Сибири в период 1961–2013 гг. не выявлено значимых трендов. Изменения в распределении за период 1991–2013 гг., по сравнению с периодом нормы, также незначимы для большей части территории и, как правило, имеют очаговый характер (рис. 2). ВМО рекомендован как один из индексов экстремальности режима осадков территории число дней с осадками более 20 мм (R_{20mm}), но расчеты показали, что число таких дней на территории Западной Сибири стремится к нулю. Также закон распределения полученного ряда данных отличается от нормального, поэтому дальнейший анализ был некорректен. Для территории Западной Сибири целесообразней использовать индекс R_{15mm} – число дней с осадками более 15 мм. В годовом ходе число дней с осадками ≥ 15 мм на более чем 90% станций рассматриваемой территории наблюдается в теплый период (с максимумом в июле–августе) и соответствует числу сильных дождей. С учетом климатических особенностей территории исследования был сформулирован еще один показатель экстремальности R_{5mm} (число дней с осадками более 5 мм при отрицательной температуре воздуха), что соответствует числу сильных снегопадов. При морозе и обычной плотности свежего снега количество осадков 5 мм/сут соответствует слою снега 5 см, что равно критерию, при достижении которого должна начинаться уборка его с улиц и дорог [13].

Максимальное число дней с осадками > 15 мм отмечено на станции Ивдель. По территории исследования в целом рост значения этого индекса наблюдается в направлении север–юг. Значимое увеличение индекса в период 1991–2013 гг., по сравнению с периодом нормы, на 1 день выявлено только на станциях Туринск и Туруханск. На станциях северной части Западной Сибири (выше 65° с.ш.) за последние десятилетия наблюдается уменьшение числа сильных дождей (см. рис. 2) и увеличение числа дней со снегопадом на 1–2 дня. Отмечается снижение от периода нормы максимальных суточных сумм осадков R_{1d} на величины до 6 мм и индекса R_{95p} до 40 мм. Годовое количество осадков в этой части территории преимущественно снизилось, на некоторых станциях разница между периодами составила до 30 мм.

Южные районы Западной Сибири в большей части характеризуются ростом индексов атмосфер-

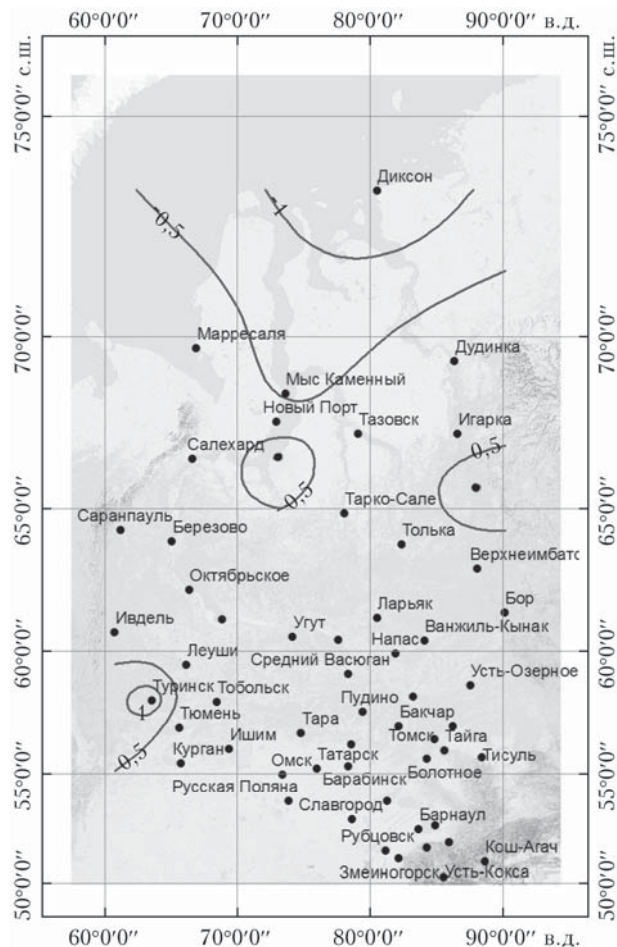


Рис. 2. Изменения распределения индекса экстремальности осадков R_{15mm} (числа дней с сильным дождем) по территории Западной Сибири в период 1991–2013 гг. по сравнению с периодом нормы 1961–1990 гг. (нанесены значимые изменения)

ных осадков. Так, индексы числа дней с осадками различной интенсивности (R_{15mm} , R_{5mm}) увеличились на 1–2 дня. Вероятно, рост данных индексов в период 1991–2013 гг., по сравнению с периодом нормы, способствовал росту здесь годового количества осадков на величины до 60 мм. Отмечаются рост суммы сильных осадков R_{95p} на величины до 20 мм и рост максимальных суточных сумм осадков R_{1d} с максимальным значением 9 мм на станции Напас, которое является единственным значимым ростом этого индекса для всей территории.

Оценка согласованности динамики индексов

Для построения региональных моделей изменения климата является важным, насколько согласованно изменяются экстремальные характеристики по территории. Для такой оценки был применен компонентный анализ. Считаем правомерным использование таких методов, так как, хотя индексы экстремальности и характеризуют «хвосты» распределений, из их значений были сформированы новые ряды данных, которые после проверки на нормаль-

ность исследовались. Применение компонентного анализа для оценки синхронности изменения температурных критериев экстремальности по исследуемой территории показало высокую согласованность (табл. 3).

Таблица 3

Результаты компонентного анализа индексов экстремальности температурного режима на территории Западной Сибири за период 1961–2013 гг.

Индекс	1-я компонента	2-я компонента	3-я компонента	Σ
<i>TN10P</i>	35,6	27,5	16,7	79,8
<i>TX10P</i>	36,6	31,0	14,5	82,1
<i>TN90P</i>	27,7	16,9	12,7	57,3
<i>TX90P</i>	32,6	19,3	11,7	63,6

Так, ряды индексов холодных дней (*TX10p*) и ночей (*TN10p*) можно достаточно полно описать тремя компонентами (82,1 и 79,8% дисперсии исходного ряда соответственно). Что же касается теплых дней (*TX90p*) и ночей (*TN90p*), то уровень суммарного вклада в дисперсию ряда трех первых компонент существенно ниже и составляет 63,6 и 57,3%, что свидетельствует о более высоком вкладе местных факторов в формирование экстремально высоких дневных и ночных значений температуры воздуха. Таким образом, можно сделать вывод о том, что наблюдаемые изменения температурных экстремумов формируются преимущественно процессами глобального масштаба и важен учет внешних форсингов в моделировании и прогнозе таких событий.

Компонентный анализ критериев экстремальности режима осадков Западной Сибири показал его высокую неоднородность, что можно связать с известным определяющим влиянием местных условий станции на режим осадков. Кроме того, оказывают влияние большая протяженность территории с севера на юг и преобладание различных форм атмосферной циркуляции над разными ее частями. Наибольшую согласованность показал индекс годового количества осадков, где три компонента описывают 54,2% дисперсии. Доля объясненной тремя первыми компонентами остальных критериев изменчивости осадков находится в пределах 26–41%.

Анализ циркуляционных условий формирования экстремальных событий

Преобладающие циркуляционные условия атмосферы над той или иной территорией являются

определяющими в механизмах тепло-, массо-, энергопереноса и, соответственно, в формировании особенностей реакции геосистемы региона на глобальные сигналы. Крупные перестройки в системе общей циркуляции атмосферы, выражающиеся в существовании так называемых циркуляционных эпох, проявляются в особенностях изменений регионального климата и его характеристик экстремальности. Как показано выше, изменения в динамике и распределении температурных экстремумов формируются преимущественно процессами глобального масштаба, а в режиме осадков высоко влияние местных условий. В этой связи остановимся на анализе циркуляционных условий, способствующих формированию рассматриваемых в работе показателей экстремальности температурного режима. Исследование пространственно-временных изменений показателей экстремальности режима осадков требует более детального подхода.

Установлено, что за рассмотренный период экстремальные температурные условия, обусловленные низкими температурами, в преобладающем большинстве случаев отмечались при элементарных циркуляционных механизмах (ЭЦМ) меридиональных групп циркуляции. Для критериев холодных дней и холодных ночей, например, если смотреть суммарно по группам (табл. 4), определяющий вклад в формирование таких экстремальных периодов вносят ЭЦМ меридиональной северной группы. Вообще типизация включает 41 ЭЦМ. Обозначение каждого включает число (тип ЭЦМ) и буквы (которыми обозначены различия ЭЦМ в пределах одного типа). Так, ЭЦМ 13з – это ЭЦМ меридиональной южной группы, ЭЦМ 12бз, 11г, 11б, 12г – меридиональной северной. Если рассматривать отдельно по вкладу каждого ЭЦМ, то ранжир выглядит следующим образом: 13з, 12бз, 11г, 11б для *TN10p* и 13з, 12бз, 12г для *TX10p*. В период 1991–2013 гг. ранжир вклада ЭЦМ в формирование таких периодов не изменился.

Данные ЭЦМ характеризуются активными блокирующими процессами, с которыми связаны продолжительные и сильные погодные аномалии на значительных территориях. При ЭЦМ 12бз аномально холодная погода и сильный мороз формируются при арктических вторжениях, зависящих от положения отрога Сибирского антициклона. Вторжение на Азию выражается более слабыми потоками холодного воздуха, пополняющими вытягивающийся к северу отрог Сибирского антициклона. Направление арктического вторжения, таким образом, определяется положением этого отрога.

Таблица 4

Вклад групп циркуляции в формирование экстремальных температурных периодов, соответствующих критериям повторяемости в году холодных ночей и холодных дней, на территории Западной Сибири (%)

Группа циркуляции	<i>TN10p</i>		<i>TX10p</i>	
	1961–1990	1991–2013	1961–1990	1991–2013
Зональная	2	3	3	3
Нарушение зональности	19	20	16	16
Меридиональная северная	55	55	58	59
Меридиональная южная	24	23	23	22

Экстремальные отрицательные температуры при ЭЦМ 13з и 11г и 11б формируются также в условиях развитого Сибирского антициклона над большей частью Западной Сибири.

Заключение

Анализ динамики индексов экстремальности температурного режима и режима осадков на территории Западной Сибири показал, что изменения в распределении этих характеристик неоднозначны, значимых трендов не выявлено. Гипотеза о росте повторяемости и пороговых уровней индексов экстремальности климата на фоне современных изменений глобального климата для территории Западной Сибири не подтверждается. Тем не менее сравнение индексов экстремальности периода 1991–2013 гг. с таковыми периода нормы показало, что на многих станциях наблюдаются значимые изменения от периода к периоду. В большей степени это касается температурных экстремальных индексов, обусловленных повышенными температурами. Наибольший рост в среднем от периода к периоду на большей части станций Западной Сибири показал индекс числа теплых ночей. Для Западной Сибири характерно более выраженное увеличение теплых экстремальных показателей, значимое уменьшение холодных выявлено только на нескольких станциях.

Полученные в работе неоднозначные оценки для индексов экстремальности режима осадков и большей частью незначимые изменения их в среднем от периода к периоду могут быть связаны отчасти с редкой наблюдательной сетью, особенно севернее 60-го градуса широты, что подтверждает необходимость ее оптимизации. Наиболее оптимально эта проблема может быть решена за счет использования автоматических автономных измерительных установок.

Особенность современного периода климатических изменений характеризуется рядом авторов как замедление потепления [14–16]. Кроме того, с 1998 г. отмечается всплеск блокирующих процессов [14], регулирующих продолжительность эпизодов экстремальности климата. В [14] также выявлено увеличение повторяемости ЭЦМ, для которых характерны выходы южных циклонов, что повышает вероятность экстремальных осадков. Таким образом, данная работа будет продолжена, планируются исследования структуры изменчивости экстремальных показателей климата для территории Западной Сибири с более высоким временным разрешением (сезон или месяц), а также особенностей степени согласованности в динамике индексов на разных станциях, что в целом может способствовать оптимизации региональных моделей климата и, соответственно, минимизации экономического и социального ущерба региона.

1. МГЭИК, 2007: Изменение климата, 2007 г.: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Под ред. Р.К. Пачури, А. Райзингер и др. Женева: МГЭИК, 2008. 104 с.

2. Karl T.R., Nicholls N., Ghazi A. CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary // *Clim. Change*. 1999. V. 42, iss. 1. P. 3–7.

3. Alexander L.V., Zhang X., Peterson T.C., Caesar J., Gleason B., Klein Tank A.M.G., Haylock M., Collins D., Trewin B., Rahimzadeh F., Tagipour A., Rupa Kumar K., Revadekar J., Griffiths G., Vincent L., Stephenson D.B., Burn J., Aguilar E., Brunet M., Taylor M., New M., Zhai P., Rusticucci M., Vazquez-Aguirre J.L. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation // *J. Geophys. Res.* 2006. V. 111. P. 1–22. D05109. DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/2005JD006290>.

4. Skansi M., Brunet M., Sigró J., Aguilar E., Arevalo Groening J.A., Bentancur O.J., Castellón Geier Y.R., Correa Amaya R.L., Jácome H., Malheiros Ramos A., Oria Rojas C., Pasten A.M., Sallons Mitro S., Villaroel Jiménez C., Martínez R., Alexander L.V., Jones P.D. Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America // *Global Planet. Change*. 2013. V. 100. P. 295–307. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.11.004>.

5. Keggenhoff I., Elizbarashvili M., Amiri-Farahani A., King L. Trends in daily temperature and precipitation extremes over Georgia, 1971–2010 // *Weather Clim. Extremes*. 2014. V. 4. P. 75–85.

6. Thibeault J.M., Seth. A. Changing climate extremes in the Northeast United States: Observations and projections from CMIP5 // *Clim. Change*. 2014. V. 127, iss. 2. P. 273–287.

7. Song X., Song S., Sun W., Mu X., Wang Sh., Li J., Li Y. Recent changes in extreme precipitation and drought over the Songhua River Basin, China, during 1960–2013 // *Atmos. Res.* 2015. V. 157. P. 137–152.

8. Кочугова Е.А., Кошкин Д.А. Тенденции изменения годовых экстремумов приземной температуры воздуха на территории Иркутской области // *Геогр. и природ. ресурсы*. 2010. № 2. С. 63–69.

9. Волкова М.А., Чередыко Н.Н., Соколов К.И., Огурцов Л.А. Современная пространственно-временная структура поля экстремальных осадков на территории Западной Сибири // *Вестн. Том. гос. ун-та*. 2015. № 390. С. 202–210.

10. Frich P., Alexander L.V., Della-Marta P., Gleason B., Haylock M., Klein Tank A.M.G., Peterson T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century // *Climate Res.* 2002. V. 19, N 3. P. 193–212.

11. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации // Росгидромет. 2014. 1004 с.

12. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. М.: Воентехиниздат, 2009. 372 с.

13. Ляхов А.А., Тимофеев И.Ю. Влияние экстремальных гидрометеорологических условий на эффективность хозяйственной деятельности жилищно-коммунальной отрасли в мегаполисах: Тезисы пленар. докл. // Междунар. конф. по проблемам гидрометеорологической безопасности (прогнозирование и адаптация общества к экстремальным климатическим изменениям). М.: Триада ЛТД, 2006. С. 40.

14. Кононова Н.К. Изменения циркуляции атмосферы Северного полушария в XX–XXI столетиях и их последствия для климата // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2015. № 1. С. 133–162.

15. Чердыко Н.Н., Журавлев Г.Г., Кусков А.И. Оценка современных климатических тенденций и синхронности их проявления в Алтайском регионе // Вестн. Том. гос. ун-та. 2014. № 379. С. 200–208.

16. Ипполитов И.И., Логинов С.В., Харюткина Е.В., Морару Е.И. Изменчивость климата азиатской территории России в 1975–2012 годах // Геогр. и природ. ресурсы. 2014. № 4. С. 13–21.

L.A. Ogurtsov, N.N. Cheredko, M.V. Volkova, G.G. Zhuravlev. Dynamics of climate extremes in Western Siberia.

This paper presents the analysis results of the space-time structure of temperature and precipitation extreme indices. Four indicators were chosen to represent temperature indices, and four indicators, to study precipitation indices. For calculating the indices we used daily data for 75 meteorological stations in Western Siberia for the period 1961–2013. The period under study was divided into two intervals: 1961–1990 and 1991–2013 for assessing the trends.

The results show the statistically significant decrease in the frequency of cold days and nights for the period 1991–2013 as compared to the period 1961–1990 at some stations. Conversely, we found a slight increase of warm extreme temperatures. The tendencies of extreme precipitation indices indicate a high irregular distribution in Western Siberia. Results show negative trends for all extreme indices of precipitation only in the northern part of the territory considered. The study shows here a decrease in the number of days with precipitation of different intensity by 1–2 days. The south territory is characterized by a growth of precipitation indices by 1–2 days. The results show that precipitation extreme indices mainly insignificantly change in the average from period to period. This may be due, in part, to a sparse observational network, especially north of 60 degrees latitude, which confirms the need to optimize it. Most optimally this problem can be solved through the use of autonomous automatic measuring systems.

Using the principal component analysis, we found that the temperature indices have a relatively high synchronicity in changes on the studied territory. This fact may be due to the contribution of large-scale processes. On the other hand, the analysis of the extreme precipitation shows inconsistency in its changes within the territory. This may confirm that local factors over different parts of the selected area impact significantly the formation of precipitation.