



УДК 551.582(571.53)

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.25.107>

Климатические изменения режима увлажнения Иркутской области в зимний период

Е. А. Кочугова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. По данным наблюдений суточных сумм осадков исследованы изменения режима увлажнения Иркутской области в зимние месяцы в период с 1961 по 2016 г. Указано, что зимой на территории Иркутской области выпадает 20–25 % осадков от годовой нормы на севере области и 10–20 % в центральной ее части. Выявлено, что в последние годы в зимний сезон месячная норма осадков на территории области превышена в 1,5–2,5 раза. Это повышение сопровождается ростом суточной интенсивности осадков, что увеличивает нагрузку на здания и приводит к сбоям в работе транспорта. Обнаружены и количественно оценены линейные тренды экстремальных осадков. В статье представлены результаты анализа связи выпадения экстремальных осадков с макроциркуляционными механизмами. Согласно типизации Б. Л. Дзердзеевского, выделены осадкообразующие элементарные циркуляционные механизмы для Иркутской области: в зимнее время – это широтная западная циркуляция; долготная северная циркуляция и стационарное положение. За указанный период рассмотрена динамика повторяемости сильных снегопадов на примере отдельных метеорологических станций, расположенных на территории Иркутской области. Оценена доля экстремальных осадков в их общей сумме.

Ключевые слова: изменение климата, экстремальные атмосферные осадки, Иркутская область, циркуляция атмосферы, классификация Б. Л. Дзердзеевского.

Для цитирования: Кочугова Е. А. Климатические изменения режима увлажнения Иркутской области в зимний период // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 25. С. 107–120 <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.25.107>

Введение

Наиболее вероятными в пятерке основных глобальных рисков, согласно данным Всемирного экономического форума [Экстремальные погодные явления ... , 2017], признаны экстремальные погодные явления. Увеличение климатических и погодных аномалий, обусловленное изменениями климата на планете, приводит к глобальным социальным, экономическим и политическим процессам. Географически эти изменения весьма неоднородны, и регионы со значительными и быстрыми климатическими изменениями могут столкнуться с высокой стоимостью антикризисных мер и несоответствием старой инфраструктуры новым климатическим условиям.

Эффективные меры по сокращению ущерба от экстремальных погодных явлений требуют большой заблаговременности, поэтому получение сведений об экстремальных явлениях и их вероятностных характеристиках

приобретает особую актуальность. Эти знания создают основу для изучения будущих изменений климата и разработки долгосрочных планов действия, основанных на оценке изменения статистики экстремальных погодных явлений. При этом атмосферным осадкам уделяется особое внимание, так как они способны инициировать природные и техногенные чрезвычайные ситуации, а их изменения находят отражение на всем режиме увлажнения.

Обзор изменений атмосферных осадков в зимний период

По модельным оценкам среднегодовое количество осадков на земном шаре к середине XXI в. вырастет на 1,5–2,0 %, а общее увеличение количества осадков на территории России значительно превысит средние глобальные изменения. В целом по территории России в период с 1976 по 2016 г. годовые суммы осадков растут со скоростью 2,1 % за 10 лет [Доклад о климатических рисках ... , 2017]. Дальнейшее повышение среднегодового количества осадков прогнозируется преимущественно за счет их увеличения в холодный период, что объясняется увеличением влагоемкости атмосферы. Самое существенное увеличение количества осадков зимой ожидается на севере Восточной Сибири (прирост до 7–9 %) [Изменение экстремальности климата ... , 2012]. Уже сейчас в зимний сезон месячная норма осадков на территории Иркутской области превышена в 1,5–2,5 раза. Это увеличение сопровождается ростом суточной интенсивности осадков, что имеет особое значение для объектов строительства. Кроме того, интенсивные и продолжительные осадки в виде снега способны создать колоссальную нагрузку на линии электропередачи, приводя к их обрыву, блокировать движение коммунального и частного транспорта, затруднить деятельность предприятий, функционирование железнодорожных станций. Рост количества осадков в зимний сезон и увеличение их суточных максимумов повлекут за собой необходимость принятия дополнительных мер по организации движения и обеспечению безопасности на дорогах и приведут к увеличению эксплуатационных расходов на зимнее содержание дорог, очистку улиц.

Исходные данные

Материалом для изучения изменений режима увлажнения в календарный зимний сезон (декабрь, январь, февраль) послужили данные архива суточных сумм осадков, подготовленного и периодически пополняемого во Всероссийском научно-исследовательском институте гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. Количественные оценки получены по данным наблюдений на 17 метеорологических станциях Иркутской области. При отборе станций учитывалось районирование территории области по синоптическим процессам, широко применяемое в практике Иркутского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Исследование выполнено на основе временных рядов, составленных за период с 1961 по 2016 г., которые характеризуются полной и качественной информацией об осадках для получения достоверных статистических оценок. В указанный период на всех исследуемых станциях измерение прово-

дилось при помощи осадкомера конструкции Третьякова О-1, следовательно, неоднородность временных рядов атмосферных осадков, имевшая место при замене приборов в первой половине 1950-х, в данном ряду исключается. Для анализа режима атмосферных осадков в зимние месяцы это особо актуально, так как основной причиной замены приборов был недоучет дождемером с защитой Нифера именно твердых осадков.

В работе использованы типизация элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) Северного полушария, разработанная Б. Л. Дзердзеевским, В. М. Курганской и З. М. Витвицкой [Кононова, 2009], и Календарь последовательной смены ЭЦМ за 1950–2016 гг. [Календарь последовательной смены ... , 2016]. Всего в типизации выделен 41 подтип ЭЦМ. По степени нарушения зонального переноса в умеренных широтах ЭЦМ объединены в четыре группы: зональную, с нарушенной зональностью, меридиональную северную и меридиональную южную. Поскольку фактической основой для выделения ЭЦМ служат ежедневные синоптические карты и карты барической топографии, содержащие в себе косвенную информацию о потоках влаги, следовательно, через смену ЭЦМ можно определить циркуляционные условия выпадения атмосферных осадков. В качестве показателей атмосферных процессов использована повторяемость числа суток с определенными типами циркуляции.

Результаты и их обсуждение

Согласно климатическому районированию М. И. Будько, территория исследования относится к области достаточно влажного климата. Годовые суммы осадков изменяются в довольно широких пределах (240–1400 мм) [Гидроклиматические исследования ... , 2013]. Значения радиационного индекса сухости, соответствующие недостаточному увлажнению, наблюдаются на Иркутско-Черемховской равнине, в южной части междуречья Ангары и Лены, на северо-западном побережье Байкала. Избыточное увлажнение отмечается в предгорных и горных районах Иркутской области, остальная часть территории характеризуется оптимальными условиями увлажнения.

В годовом ходе осадков минимум наблюдается в марте, реже – в феврале. Максимум осадков – в июле, лишь на ограниченном числе станций он сдвигается на август.

Число дней с осадками на рассматриваемой территории увеличивается к северо-востоку. В северных районах оно равно 170–190 дней, в западной части области уменьшается до 140–160, а на юго-востоке до 120–130 дней. На большей части региона, за исключением горных районов и побережья оз. Байкал, наибольшее число дней с осадками приходится на холодный период года (октябрь – январь). Ежемесячно в этот период отмечается 17–20 дней с осадками в северных районах и 14–15 дней в центральных. Осадки в зимний период малоинтенсивны, но продолжительны.

Зимой на территории Иркутской области выпадает 20–25 % осадков от годовой нормы на севере области и 10–20 % в центральной ее части.

Своеобразные физико-географические условия Иркутской области, в том числе котловинность рельефа, сложное чередование высоких горных подня-

тий с равнинными участками, большая водная масса Байкала, глубокая врезанность речных долин, усиливают влияние местных факторов на режим увлажнения и пространственное распределение суточных максимумов осадков.

Суточный максимум осадков выбирается из ежедневных наблюдений и характеризует наибольшую сумму осадков в течение суток. Корреляционные связи между значениями суточного максимума осадков на соседних станциях быстро затухают.

Средние значения суточного максимума осадков в Иркутской области в зимний период не превышают 6 мм (исключение ст. Хамар-Дабан). Наибольших значений суточные максимумы достигают в декабре в южных районах региона, постепенно уменьшаясь к концу сезона. Зимой при общем антициклоническом характере погоды и малом количестве осадков возможны отдельные случаи, когда за сутки выпадает до 20 мм (ст. Мама, 1995 г., ст. Хадама, 1985 г.). Основным процессом, приводящим к экстремальным осадкам, является адвекция влаги внетропическими циклонами.

Для изучения механизмов, определяющих формирование экстремальных осадков, и оценки их связи с режимами циркуляции временной ряд был разбит на три интервала. Деление выполнено на основе материалов статьи [Кононова, 2015], где установлены границы циркуляционных эпох в Сибирском секторе ($60\text{--}120^\circ$ в. д.), в пределах которого находится Иркутская область. Для Сибирского сектора выделены пять циркуляционных эпох, сменяющих друг друга с 1899 г. В данном исследовании рассматривались три последние циркуляционные эпохи: меридиональная 1963–1976 гг.; зональная 1977–2005 гг. и меридиональная 2006–2016 гг. [Кононова, 2009].

В зимние сезоны 1963–2016 гг. в Сибирском секторе наблюдалось 29 ЭЦМ, объединенных в восемь типов циркуляции (табл. 1). Анализ суммарной продолжительности каждого типа циркуляции (рис. 1.) показал, что в меридиональные эпохи наибольшую повторяемость имеет долготная северная со стационарным положением циркуляция (42 % от общего числа случаев в данную эпоху), сформированная преимущественно подтипами 11а, 11б и 12 бз. При ЭЦМ 11а и 11б азиатский антициклон занимает почти всю Сибирь. Гребень антициклона вытянут на бассейны Лены и Колымы. По его периферии осуществляется заток арктического воздуха, пополняющего азиатский антициклон и усиливающего его стационарность [Кононова, 2009]. ЭЦМ 12бз обычно появляется после процессов 11-го подтипа в случае усиления арктического антициклона.

В зональную эпоху (1977–2005 гг.), соответственно, наблюдается широтный западный тип циркуляции со стационарным положением (38 % от общего числа случаев в данную эпоху), характеризующийся резким увеличением в это время продолжительности ЭЦМ 13з. При 13з блокирующих процессов не наблюдается, а над Арктикой формируется относительно низкое давление, которое связано с интенсивной циклонической активностью почти над всей площадью Атлантического океана. В течение зимнего сезона суммарная продолжительность этого подтипа может достигать 48 дней (1997 г.). В среднем в зональную эпоху ЭЦМ 13з наблюдается 20 дней за

сезон. Данный подтип нередко отмечается и в меридиональные эпохи, но имеет меньшую суммарную продолжительность (около двух недель за зимний период).

Таблица 1

Характеристика типов циркуляции атмосферы, наблюдавшихся зимой в Сибирском секторе в период с 1963 по 2016 г.

Типы циркуляции	ЭЦМ
Широтная западная	3, 8а, 9а, 10а
Долготная северная	12а
Широтная западная и долготная южная	4б, 6
Широтная западная и стационарное положение	1а, 1б, 4а, 7аз, 7бз, 9б, 13з
Долготная северная и стационарное положение	5а, 5в, 8вз, 8гз, 11а, 11б, 12бз, 12вз
Долготная северная и широтная восточная	5б, 5г, 11в, 12г
Долготная северная и широтная западная	8бз, 10б
Долготная северная и долготная южная	4в

Учитывая сложность и неоднозначность подходов к определению экстремальных осадков [Global observed changes ... , 2006; Trends and seasonality ... , 2009; Изменение экстремальности климата ... , 2012; Groisman Knight, Zolina, 2013; Bulygina, Arzhanova, Groisman, 2015; Klein Tanc, Koenen, 2003; Wu, Wang, 2002; The influence of ... , 2010], следует указать, что в статье за экстремальные принимались осадки, превышающие границу 95-й перцентили эмпирического распределения, рассчитанные для каждой станции за базовый климатический период с 1961 по 1990 г. Согласно данным табл. 2, на большей части Иркутской области значения порогов, соответствующих 95-му перцентилю распределения в рядах суточных сумм осадков, в зимний период составляют 2–3 мм/сут. На станции Большое Голоустное оно минимально и не превышает 1 мм/сут.

Учитывая пороговые значения (см. табл. 2), рассмотрим особенности изменений экстремальных осадков в зимний сезон. Коэффициенты линейного тренда, которые характеризуют среднюю скорость изменений изучаемой гидрометеорологической величины, показали, что динамика экстремумов сложна и суточные максимумы осадков в целом на территории Иркутской области увеличиваются. Однако тренды статистически незначимы.

Наибольший рост случаев с экстремальными осадками в течение зимнего сезона отмечается в январе. В южных, северных и верхнеленских районах количество экстремальных осадков после 1990 г. увеличилось в 1,2–2,0 раза по сравнению с предыдущим периодом. Например, на ст. Орлинга начиная с 1994 г. сильные снегопады в январе наблюдаются почти ежегодно (рис. 2). В среднем за месяц здесь фиксируется три случая с экстремальными осадками, но в отдельные годы (1994, 1995, 2002, 2010, 2012 гг.) может наблюдаться до шести – девяти случаев. Так, в январе 1994 и 1995 гг. сумма осадков, превышающих порог экстремальных, составила 24 и 25 мм соответственно при месячной норме 15 мм.

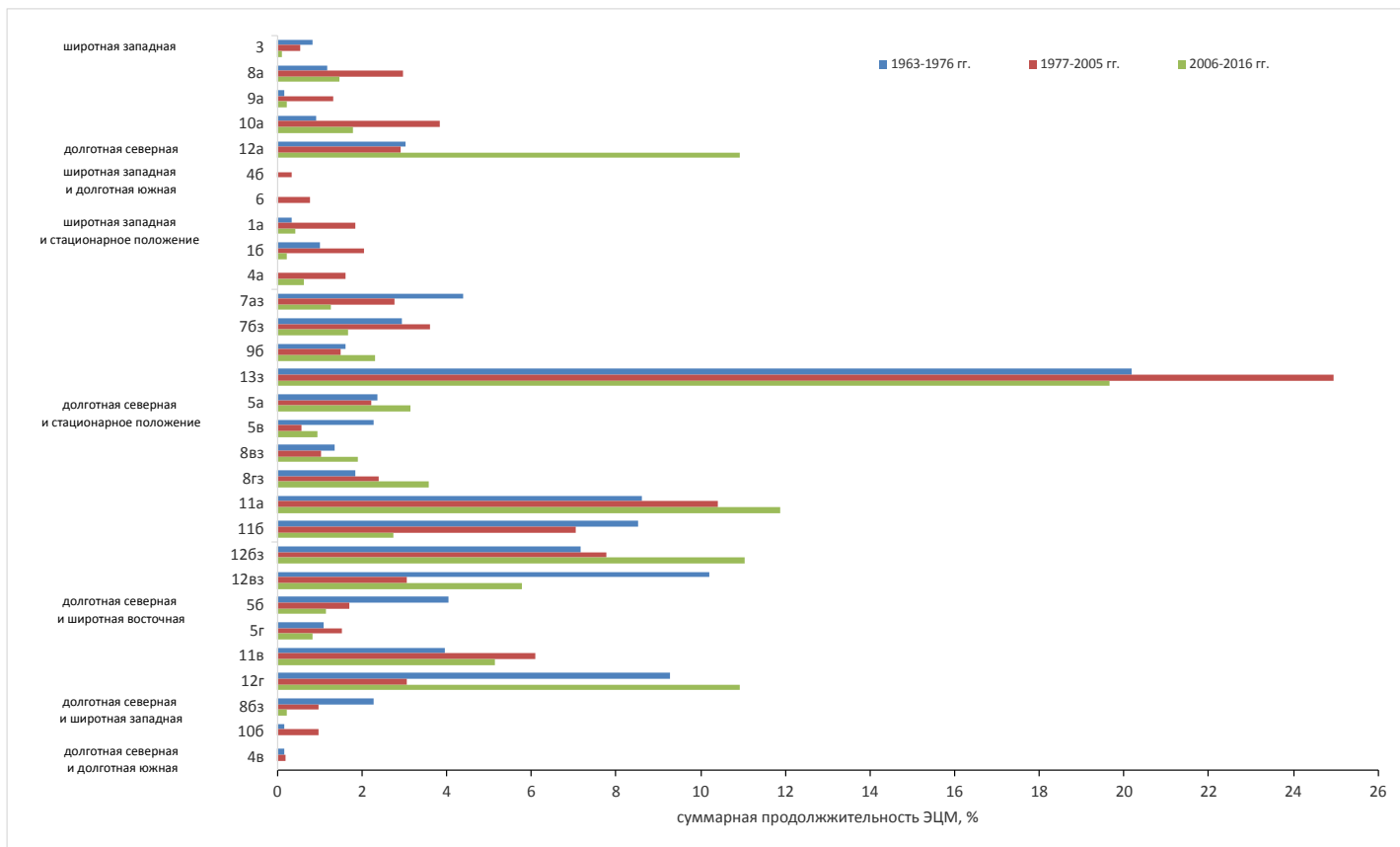


Рис. 1. Суммарная продолжительность ЭЦМ (%), наблюдавшихся зимой в меридиональные 1963–1976 гг., 2006–2016 гг. и зональную 1977–2005 гг. циркуляционные эпохи

Таблица 2

Значения порогов экстремальных осадков (мм/сут), соответствующих 95-му процентилю распределения, за базовый период с 1961 по 1990 г. для отдельных метеорологических станций Иркутской области

Станции	Месяцы		
	Декабрь	Январь	Февраль
Ербогачён	2,4	2,4	2,2
Ика	1,5	1,0	0,9
Бодайбо	3,4	2,8	2,6
Киренск	3,3	2,6	2,6
Червянка	2,2	2,0	1,6
Максимово	3,3	2,4	2,2
Братск	2,6	1,9	1,7
Орлингга	3,0	1,9	1,6
Жигалово	3,1	2,0	1,8
Нижнеудинск	3,5	2,6	2,7
Тулун	2,5	1,7	1,7
Верхняя Гутара	1,4	0,9	0,9
Баяндай	1,4	0,9	0,9
Хомутово	1,9	1,5	1,2
Большое Голоустное	0,6	0,5	0,6
Хамар-Дабан	6,4	4,6	4,6
Иркутск	4,6	3,1	3,5

В центральный месяц зимнего сезона наибольшее увеличение числа случаев с экстремальными осадками также отмечается на станциях Хамар-Дабан, Баяндай и Ика. На станциях Нижнеудинск, Верхняя Гутара, Киренск, Максимово, Ербогачён, Бодайбо, Червянка четких климатических тенденций выявить не удалось. Рассчитанные коэффициенты пространственной корреляции указывают на быстрое затухание связей между экстремальными осадками на соседних станциях. Наиболее тесная связь между станциями Иркутск и Хомутово (коэффициент корреляции 0,69), отдаленных друг от друга на 23 км по прямой. При увеличении расстояния между станциями до 80–100 км коэффициент пространственной корреляции уменьшается до 0,50–0,38.

Февраль и декабрь характеризуются более сложным пространственным распределением случаев с осадками, превышающими пороговые значения (выше 95-го процентиля). Например, на отдельных станциях (Иркутск, Нижнеудинск, Верхняя Гутара, Жигалово, Тулун) число дней с экстремальными осадками уменьшается. На остальной территории Иркутской области вероятность выпадения осадков в виде отдельных сильных снегопадов незначительно увеличивается. Отметим, что в декабре, начиная с 1993 г., на станциях Хомутово, Хамар-Дабан и Большое Голоустное количество случаев с осадками, превышающими пороговые значения, увеличилось в 2–2,5 раза. К примеру, на станции Хамар-Дабан (см. рис. 2), расположенной на перевале одноименного хребта на высоте 1442 м над ур. м., при месячной норме 34 мм в декабре 2013 г. выпало 86 мм, причем более 85 % от этой суммы было обеспечено за счет шести случаев с экстремальными осадками.

Увеличение числа случаев с экстремальными осадками приводит к изменению их вклада в общую сумму. В таблице 3 представлена доля экстремальных осадков к их общей сумме для трех циркуляционных эпох. Расчеты выполнены для каждого зимнего месяца и каждой станции отдельно. Данные таблицы показывают, что наибольшая доля экстремальных осадков за весь рассматриваемый период наблюдается в южных районах Иркутской области. На станции Большое Голоустное более половины осадков формируется за счет экстремальных, причем особенно большой их вклад наблюдался в меридиональную эпоху, продолжавшуюся до 1976 г. В среднем рассматриваемый показатель возрастает от одной циркуляционной эпохи к другой в северных, верхнеленских и южных районах Иркутской области. В западной части рассматриваемого региона для зимнего сезона (исключение февраль) также характерно увеличение доли экстремальных осадков в их общей сумме.

Таблица 3

Доля экстремальных осадков (%) в общей сумме атмосферных осадков

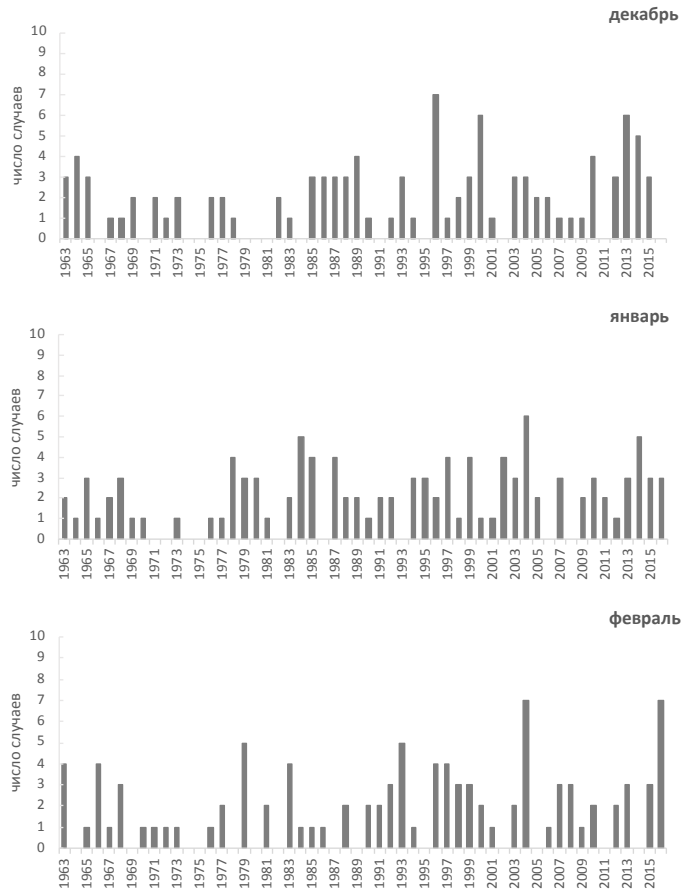
Метеорологические станции	Меридиональная эпоха 1963–1976 гг.			Зональная эпоха 1977–2005 гг.			Меридиональная эпоха 2006–2016 гг.		
	Месяцы			Месяцы			Месяцы		
	ХІІ	І	ІІ	ХІІ	І	ІІ	ХІІ	І	ІІ
Ербогачён	17,2	27,9	13,2	25,1	17,8	23,1	30,1	23,4	29,1
Ика	24,8	27,6	33,0	34,5	35,1	31,1	31,3	51,7	38,9
Бодайбо	11,0	7,5	10,1	18,3	14,1	16,5	19,9	19,1	16,4
Киренск	14,1	9,8	12,5	16,4	16,2	16,5	22,7	19,1	16,4
Червянка	36,2	33	35,4	26,3	31,7	39,3	34,3	36,8	26,7
Максимово	25,6	19,2	32,2	22,0	25,7	32,6	26,7	30,2	33,1
Братск	27,9	20,4	31,7	22,9	27,3	31,4	24,6	32,7	40,6
Орлинга	26,3	27,1	25,3	28,7	34,2	33,9	23,0	38,7	31,6
Жигалово	17,7	15,8	17,1	15,2	21,4	18,4	17,6	22,9	17,3
Нижнеудинск	19,4	4,1	28,0	14,6	21,6	13,4	22,1	12,9	7,9
Тулун	28,4	33,5	48,8	30,1	36,8	31,5	38,8	32,1	35,9
Верхняя Гутара	50,4	49,5	–	45,1	62,2	–	57,5	33,8	–
Баяндай	33,4	49,9	46,2	37,9	38,1	49,1	44,9	56	62,7
Хомутово	38,6	38	51,0	45,4	33,9	42,0	41,3	38,3	51,5
Иркутск	18,5	16,8	26,4	21,9	15,5	11,1	5,6	24,7	21,1
Большое Голоустное	54,7	56,4	66,1	57,3	60,1	50,6	64,2	52	50,9
Хамар-Дабан	29,6	27,5	28,1	37,5	43,6	39,9	40,2	43,8	45,1

Примечание. – отсутствуют данные наблюдений.

В целом в текущую меридиональную эпоху доля экстремальных осадков в их общей сумме увеличилась на 5–7 % по сравнению с аналогичным показателем меридиональной циркуляционной эпохи, начавшейся в 1963 г.

Метеорологические условия каждого отдельного года могут существенно различаться и влиять на количество снегопадов экстремальной интенсивности. Для определения основных типов макросиноптических процессов, контролирующих поступление и выпадение осадков в Иркутской области, использовался сравнительный анализ ежедневных данных о количестве осадков, выпадающих при определенном типе ЭЦМ.

а)



б)

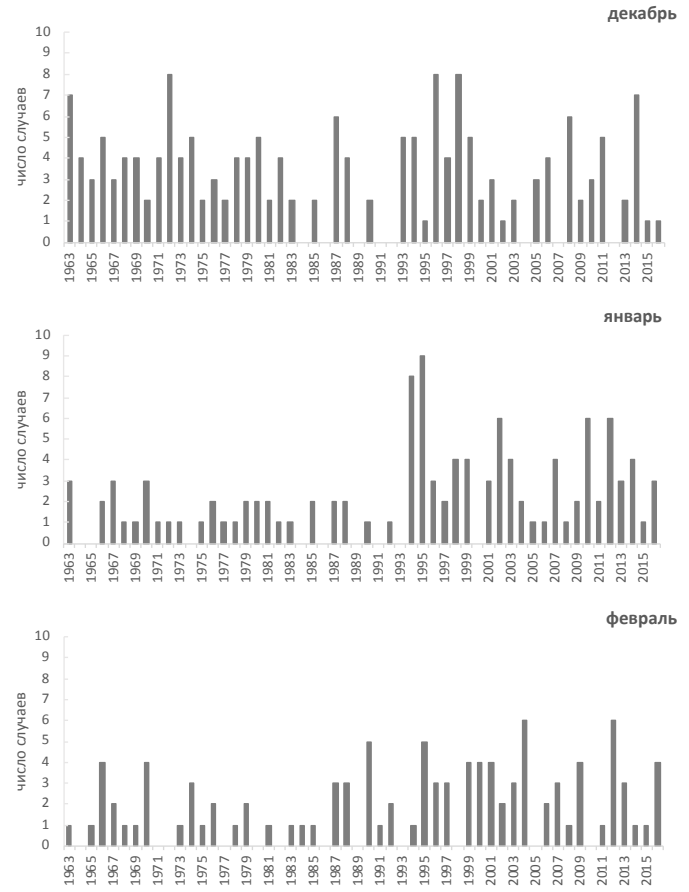


Рис. 2. Число дней в месяце с экстремальными осадками на станциях: а) Хамар-Дабан и б) Орлингга

Оценивая влияние макроциркуляционных процессов на изменения режима увлажнения Иркутской области, по суточным данным определили вклад каждого ЭЦМ в сезонную сумму осадков. В зимнее время осадкообразующими для региона оказались ЭЦМ 10а, 7бз, 13з (широтная западная циркуляция), 11а, 11б, 12 бз, 12 вз, 12г (долготная северная циркуляция и стационарное положение) (табл. 4), т. е. подтипы, при которых либо юго-западные, либо «ныряющие» циклоны выходят на территорию Иркутской области. Встречая преграду в виде мощного азиатского антициклона, циклоны становятся малоподвижными, их фронты обостряются в результате затoka холодного воздуха, а количество осадков оказывается значительным.

Таблица 4

Число дней с экстремальными осадками за зимние сезоны 1963–2016 гг., наблюдающимися при осадкообразующих ЭЦМ

Станции	Типы циркуляции							
	Широтная западная	Долготная северная	Широтная западная и долготная южная	Широтная западная и стационарное положение	Долготная северная и стационарное положение	Долготная северная и широтная восточная	Долготная северная и широтная западная	Долготная северная и долготная южная
Ербогачён	16	13	1	87	107	45	3	0
Ика	19	15	3	85	99	45	4	0
Бодайбо	11	2	0	41	55	20	2	0
Киренск	11	3	0	44	61	22	3	0
Червянка	18	5	1	95	112	38	3	0
Максимово	17	7	0	86	89	14	8	0
Братск	22	10	0	77	113	46	7	0
Орлингa	21	11	3	87	110	48	7	0
Жигалово	15	5	1	42	46	26	2	1
Нижнеудинск	6	3	2	22	28	14	4	0
Тулун	21	14	2	76	76	33	3	0
Верхняя Гутара	26	11	1	82	80	48	9	0
Баяндай	22	12	1	81	106	56	6	1
Хомутово	18	9	3	88	108	43	6	0
Иркутск	4	4	0	34	27	14	3	0
Большое Голоустное	17	11	2	95	115	51	6	2
Хамар-Дабан	31	19	3	105	111	46	9	1

Полученные результаты согласуются с данными, представленными в статье [Кононова, 2010], где автор приводит ЭЦМ, формирующие снегопады в различных регионах Восточной Сибири. Согласно этой работе, сильные снегопады связаны с 7аз, 7бз, 10а и 11а ЭЦМ.

Сравнительный анализ суммарной продолжительности ЭЦМ 12бз и числа случаев с экстремальными осадками при данном подтипе (рис. 3) показал синхронное увеличение числа случаев с экстремальными осадками на всех представленных метеорологических станциях, начиная с 1997 г.

Наиболее часто при ЭЦМ 12бз экстремальные осадки выпадают на станциях Хамар-Дабан, Большое Голоустное и Максимово. В целом наибольший вклад в формирование экстремальных осадков вносят процессы меридиональной северной группы (8гзб, 11а, 11б, 12бз и 12 вз).

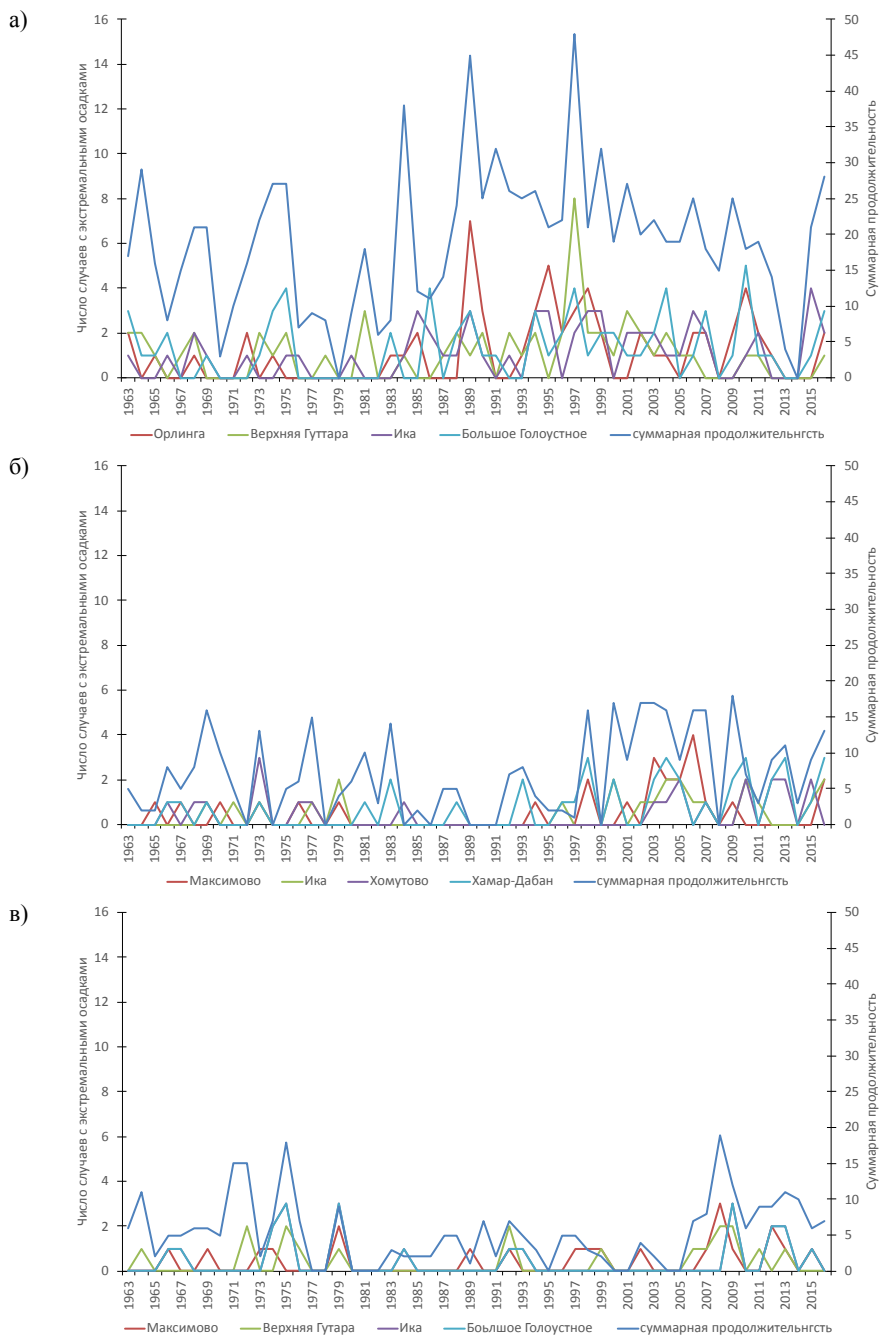


Рис. 3. Изменчивость числа случаев с экстремальными осадками в зависимости от осадкообразующего ЭЦМ: а) 13з (зимняя широтная западная циркуляция со стационарным положением); б) 12бз (долготная северная циркуляция и стационарное положение); в) 12г (долготная северная циркуляция)

Процессы южной группы (в основном ЭЦМ 13з) также оказывают влияние на формирование экстремальных осадков. Увеличение частоты данной группы означает усиление теплообмена экваториальной области со средними и высокими широтами. Более значительное влияние подтипа 13з на экстремальные осадки проявляется на севере и северо-западе исследуемого региона, где коэффициент корреляции между станциями Братск и Орлингга составил 0,6.

Полученный результат обусловлен большой продолжительностью типов ЭЦМ 13з, 12 бз, 12вз, 12г и 11а, наблюдаемой в период с 1961 по 2016 г.

Заключение

Экстремальные погодные явления свидетельствуют о том, что изменяются характеристики атмосферного гидрологического цикла и, в частности, меняется структура режима увлажнения. Полученные результаты позволяют заключить, что изменения в режиме осадков лишь в некоторой степени определяются глобальными процессами и тенденциями. Для решения научно-прикладных задач, связанных с разработкой методов оценки экономического ущерба от экстремальных погодных явлений и планированием мероприятий по его снижению, необходим учет местных условий.

Список литературы

Гидроклиматические исследования Байкальской природной территории / Н. Н. Воропай [и др.]. Новосибирск : Гео, 2013. 187 с.

Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации [Электронный ресурс] // Гидрометцентр России. URL: <https://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/klim-riski-2017.pdf> (дата обращения: 10.03.2018).

Изменение экстремальности климата на территории Сибири в середине XXI в.: ансамблевый прогноз по региональной модели ГГО / И. М. Школьник, В. П. Мелешко, С. В. Ефимов, Е. Н. Стафеева // Метеорология и гидрология. 2012. № 2. С. 5–23.

Календарь последовательной смены ЭЦМ по дням [Электронный ресурс] // Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в XX – начале XXI в. URL: <http://atmospheric-circulation.ru/datas/> (дата обращения: 10.03.2018).

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

Кононова Н. К. Изменение осадков холодного периода и продолжительности макроциркуляционных процессов, обуславливающих их выпадение в различных регионах Восточной Сибири // Лед и снег. 2010. Вып. 46, № 3 (111). С. 47–57.

Кононова Н. К. Циркуляционные эпохи в секторах Северного полушария в 1899–2014 г. // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2015. Т. 1(11). Вып. 12. С. 56–66.

Экстремальные погодные явления возглавили список глобальных рисков [Электронный ресурс] // Росгидромет. URL: <http://www.meteorf.ru/press/news/13145/> (дата обращения: 16.06.2018).

Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation / L. V. Alexander et al. // Journal of geophysical research. 2006. Vol. 111. D05109. DOI: 10.1029/2005JD006290.

Bulygin O. N., Arzhanova N. M., Groisman P. Y. Icing conditions over Northern Eurasia in changing climate // Environmental Research Letters. 2015. Vol. 10, N 2. 11 p. DOI: 10.1088/1748-9326/10/2/025003.

Groisman P. Y., Knight R. W., Zolina O. G., Recent trends in regional and global intense precipitation patterns. Climate Vulnerability: Understanding and Addressing Threats to Essential Resources. 2013. P. 25–55.

Trends and seasonality of extreme precipitation characteristics related to mid-latitude cyclones in Europe / A. Karagiannidis, T. Karacostas, P. Maheras, T. Makrogiannis // *Advances in Geosciences*. 2009. Vol. 20, N 1. P. 39–45.

Klein Tank A. M., Können G. P. Trends indices of daily temperature and pre-cipitation extremes in Europe, 1946–1999 // *Journal of Climate*. 2003. Vol. 16, N 1. P. 3665–3680. DOI:10.1175/1520-0442(2003)016<3665:TIODT>2.0.CO;2.

Wu B., Wang J. Possible impacts of winter Arctic Oscillation on Siberian High, the East Asian Winter Monsoon and Sea-Ice Extent // *Advances in Atmospheric Sciences*. 2002. Vol. 19, N 2. P. 298–320.

The influence of large scale climate variability on winter maximum daily precipitation over North America / X. Zhang, J. Wang, F. W. Zwiers, P. Y. Groisman // *Journal of Climate*. 2010. Vol. 23. P. 2902–2915. DOI: 10.1175/2010JCLI3249.1.

Statistical behaviors of precipitation regimes in China and their links with atmospheric circulation 1960–2005 / Q. Zhang, C. Xu, X. Chen, Z. Zhang // *International Journal of Climatology*. 2011. Vol. 31. P. 1665–1678.

Climate Change of Precipitation Regime Over Irkutsk Region in the Wintertime

E. A. Kochugova

Irkutsk State University, Irkutsk

Abstract. Using daily precipitation amounts changes in precipitation regime over Irkutsk region in winter months for the period 1961–2016 are investigated. It is shown, that in winter time 20–25 % of the annual precipitation norm fall in the north of the region and 10–20 % – in its central part. It is revealed, that over the last years in wintertime monthly precipitation over the region exceeded the norm by 1,5–2,5 times. This increase is accompanied by the increase in daily intensity of precipitation that might affect buildings envelopes and transport systems. Linear trends in the extreme precipitation are detected and estimated. The study provides an analysis of correlation between extreme precipitation and large-scale atmospheric mechanisms. According to B. L. Dzerdzevsky classification, elementary circulation mechanisms that generate precipitation in the region are defined. For the region precipitation producing processes turned out to be the following: west zonal; northern meridional and stationary anticyclone. The dynamics of heavy snow frequency at different meteorological stations over Irkutsk region is studied. The proportion of extreme precipitation in its total amount is estimated.

Keywords: climatic change, extreme atmospheric precipitation, Irkutsk region. atmospheric circulation, B. L. Dzerdzevskii classification.

For citation: Kochugova E.A. Climate Change of Precipitation Regime Over Irkutsk Region in the Wintertime. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2018, vol. 25, pp. 107-120. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.25.107> (in Russian)

References

Korytnyi L.M. (ed.) *Gidroklimaticheskie issledovaniya Bajkalskoi prirodnoi territorii* [Hydroclimate Studies of the Baikal Natural Territory]. Novosibirsk, GEO Publ., 2013, 187 p. (in Russian)

Doklad o klimaticheskikh riskah na territorii Rossijskoi Federacii [The report on climate risks in the territory of the Russian Federation]. Available at: <http://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/klim-riski-2017.pdf> (date of access: 10.03.2018). (in Russian)

Shkolnik I.M., Meleshko V.P., Efimov S.V., Stafeeva E.N. *Izmenenie ehkstreml'nosti klimata na territorii Sibiri v seredine XXI veka: ansamblevyyi prognoz po regional'noj modeli GGO* [Changes in climate extremes on the territory of Siberia by the middle of the 21st century: An ensemble forecast based on the MGO regional climate model]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Russian Meteorology and Hydrology]. 2012, vol. 37, no. 2, pp. 71-84. (in Russian)

Kalendar posledovatelnoj smeny EHCM po dnyam [History of alternation of ECMs on days]. Available at: <http://atmospheric-circulation.ru/datas/> (date of access: 10.03.2018). (in Russian)

Kononova N.K. *Klassifikaciya cirkulyacionnyh mekhanizmov Severnogo polushariya po B.L. Dzerdzeevskomu* [Classification of circulation mechanisms of northern hemisphere by B.L. Dzerdzeevskii]. Moscow, Voentekhnizdat Publ., 2009, 372 p. (in Russian)

Kononova N.K. *Izmenenie osadkov holodnogo perioda i prodolzhitel'nosti makrocirkulyacionnyh processov, obuslovlivayushchih ih vypadenie v razlichnyh regionah Vostochnoi Sibiri* [Changes in precipitation of the cold period and precipitation generating large-scale atmospheric processes duration in different regions of Eastern Siberia]. *Led i sneg* [Ice and Snow]. 2010, vol. 46, no. 3(111), pp. 47-57. (in Russian)

Kononova N.K. *Cirkulyacionnye ehposhi v sektorah Severnogo polushariya v 1899-2014 g.* [Circulation epochs in sectors of the Northern Hemisphere in the 1899-2014 years.]. *Geopolitika i ehkogeodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of regions]. 2015, vol. 1(11), no. 12, pp. 56-66. (in Russian)

Ehkstremal'nye pogodnye yavleniya vozglavili spisok global'nyh riskov [Extreme Weather Tops List of Global Threats]. Available at: <http://www.meteorf.ru/press/news/13145/> (date of access: 16.06.2018). (in Russian)

Alexander L.V. [et al.]. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of geophysical research*, 2006, vol. 111, D05109, 22 p. DOI: 10.1029/2005JD006290.

Bulygin, O.N., Arzhanova N.M., Groisman P.Y. Icing conditions over Northern Eurasia in changing climate. *Environmental Research Letters*, 2015, vol. 10, no. 2, 11 p. DOI: 10.1088/1748-9326/10/2/025003.

Groisman P.Y., Knight R.W., Zolina O.G. Recent trends in regional and global intense precipitation patterns. Climate Vulnerability: Understanding and Addressing Threats to Essential Resources. *Elsevier Sciences*. 2013, pp. 25-55.

Karagiannidis, A., Karacostas T., Maheras P., Makrogiannis T. Trends and seasonality of extreme precipitation characteristics related to mid-latitude cyclones in Europe. *Advances in Geosciences*, 2009, vol. 20, no. 1, pp. 39-45.

Klein Tank A.M., Können G.P. Trends indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-1999. *Journal of Climate*, 2003, vol. 16, no. 1, pp. 3665-3680. DOI:10.1175/1520-0442(2003)016<3665:TIIODT>2.0.CO;2.

Wu B., Wang J. Possible impacts of winter Arctic Oscillation on Siberian High, the East Asian Winter Monsoon and Sea-Ice Extent. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2002, vol. 19, no. 2, pp. 298-320.

Zhang, X., Wang J., Zwiers F.W., Groisman P.Y. The influence of large scale climate variability on winter maximum daily precipitation over North America. *Journal of Climate*, 2010, vol. 23, pp. 2902-2915. DOI: 10.1175/2010JCL13249.1.

Zhang, Q., Xu C., Chen X., Zhang Z. Statistical behaviors of precipitation regimes in China and their links with atmospheric circulation 1960-2005. *International Journal of Climatology*, 2011, vol. 31, pp. 1665-1678.

Кочугова Елена Александровна
кандидат географических наук, доцент
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952)52-10-94
e-mail: kochugovae@mail.ru

Kochugova Elena Alexandrovna
Candidate of Science (Geography),
Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian Federation
tel.: (3952)52-10-94
e-mail: kochugovae@mail.ru

Дата поступления: 02.07.2018

Received: July, 02, 2018