

КРУПНОМАСШТАБНЫЕ РЕЖИМЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И СОГЛАСОВАННОСТЬ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В АЛТАЙСКОМ РЕГИОНЕ

Анализируется влияние изменений современного глобального климата на структуру поля осадков в Алтайском регионе. Тренд в динамике годовых сумм незначим. Незначительный рост происходил за счет осадков теплого полугодия. Выявлено уменьшение осадков холодного полугодия на большинстве станций. Обнаружено увеличение изменчивости в период похолодания последних полутора десятилетий в регионе на фоне замедления глобального потепления. Выявлен отклик режима осадков в регионе на механизм Эль-Ниньо.

Ключевые слова: Алтайский регион; атмосферные осадки; климатические структуры; Эль-Ниньо.

Для понимания отклика региональных экосистем на крупномасштабные климатические изменения очень важно оценить трансформацию полей основных параметров климата в эти периоды. В данной статье приведены результаты анализа изменений пространственно-временной структуры поля атмосферных осадков в Алтайском регионе (территория Алтайского края и Республики Алтай) за период 1961–2013 гг. Полагаем, необходимо регулярное системное обновление информации о состоянии всех характеристик эколого-климатического потенциала регионов, тем более на фоне меняющегося климата.

Сезонная структура, пространственная и межгодовая изменчивость сумм осадков – один из важнейших факторов, характеризующих состояние экосистем разного уровня и особенности природопользования соответствующих регионов. Взаимозависимости различных факторов – одна из основных закономерностей природных систем. Так, например, изменения количества осадков в Алтайском регионе существенно влияют на объем материкового стока в Карское море (бассейн Северного Ледовитого океана). Вариации притока пресных вод влияют на соленость океана, температуру воды, структуру течений, что, в комплексе, сказывается на изменениях площади оледенения Арктики. В свою очередь, состояние ледяного покрова Арктики влияет на структуру крупномасштабной атмосферной циркуляции, которая во многом определяет интенсивность и частоту атмосферных осадков территории. Кроме того, в силу актуальности проблемы сокращения оледенений Алтая, которое связывают с потеплением климата в последние десятилетия [1–3], учет изменения осадков несет в себе самостоятельную информацию: при смене преобладающих циркуляционных условий происходят изменения в сезонной структуре осадков, что, например, может выражаться в уменьшении зимних осадков. А данный факт даже при стабильно приземной температуре может способствовать уменьшению оледенения. Кроме того, на территориях с неравномерным распределением осадков по сезонам, к которым относится и рассматриваемый регион, в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения крайне важна оценка изменений в структуре режима атмосферных осадков, являющихся основным источником влажности почвы, пригодной для использования в сельском хозяйстве.

Характеристики современного режима осадков для некоторых станций Алтайского края и Республики Ал-

тай приведены в работах [4–8]. Исследователи отмечают неравномерный уровень увлажнения территории, неравномерное распределение осадков в течение года, высокую межгодовую изменчивость, что сказывается на развитии природных объектов и деятельности человека, особенно сельскохозяйственной. В предлагаемом исследовании охвачены данные количества атмосферных осадков с 42 станций Алтайского региона за период 1961–2013 гг. Оценка пространственно-временной структуры режима осадков исследуемой территории осложнена расположением метеостанций горной части региона главным образом в широких долинах и котловинах и почти отсутствием их на склонах и высокогорьях. Поэтому анализ режима осадков в этой части региона отражает чаще всего фоновые тенденции.

Современное распределение средних сумм осадков по территории сохраняет основные закономерности предыдущих периодов. Алтайский регион за счет особенностей орографии является мощным конденсатором влаги. Происходят вынужденный подъем приходящих на территорию воздушных масс, усиление процессов конденсации и выпадения осадков, углубление транзитных циклонов и образование локальных, обострение фронтов окклюзированных циклонов, формирование местных климатов. В этой связи повышенным годовым количеством осадков выделяется полоса предгорий и низкогорий Алтая и Салаира, с возрастанием годовых сумм с запада на восток, где они достигают 1 500 мм (см. рис. 1).

В среднем за период 1961–2013 гг. максимум осадков отмечен на ст. Яйло (885,6 мм). На юго-востоке, особенно в межгорных котловинах, изолированных от западного переноса высокими хребтами, выпадает минимум осадков, например в Чуйской степи на ст. Кош-Агач 123,4 мм. Пониженным количеством осадков характеризуются также северо-западная и западная части Алтайского края. Центральный Горный Алтай (Аккем, Кара-Тюрек), открытый влиянию атмосферных процессов над сибирскими равнинами и среднеазиатской территории, отличается контрастностью климата и характеризуется средними суммами осадков, около 500 мм. Для равнинной северо-западной части характерны годовые суммы осадков менее 400 мм. Ленточные боры способствуют увеличению сумм выпадающих осадков за счет усиления шероховатости подстилающей поверхности, способствующей возрастанию турбулентности воздушных потоков [8].

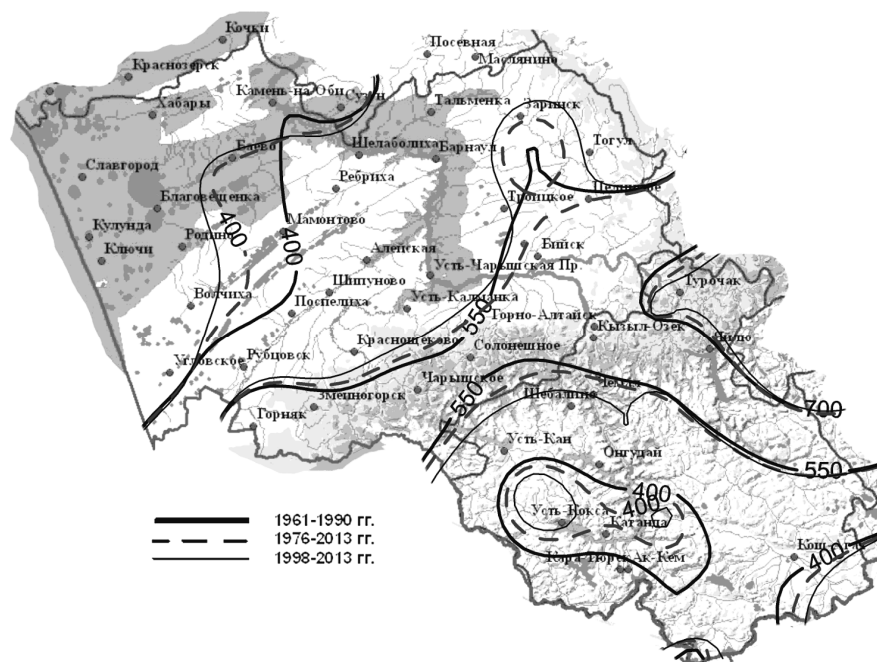


Рис. 1. Пространственное распределение средних годовых сумм осадков в Алтайском регионе в разные периоды

В данной работе рассматривались три периода, соответствующие современным климатическим колебаниям в глобальном температурном режиме. Период 1961–1990 гг. рекомендован Всемирной метеорологической организацией как период для расчета климатических норм [1]. Период 1976–2013 гг. соответствует периоду наибольшей выраженности современного глобального потепления, широко обсуждаемого на всех информационных площадках. После 1998 г. рядом исследователей фиксируется замедление потепления, а в некоторых регионах, как и в Алтайском, похолодание [9]. Проведенный анализ показал, что от периода к периоду произошло расширение полосы повышенных осадков региона (рис. 1).

Значительная пространственная неоднородность изменений в режиме осадков региона обусловлена, прежде всего, рельефом местности, который, как известно, является одним из основных климатообразующих факторов. Ранее [9] нами выявлено, что основной вклад в общую изменчивость сумм осадков на станциях равнинной части региона вносят не тренд, ни годовой ход, а самые изменчивые составляющие временных рядов – отклонения, которые включают в себя периодичности различного масштаба и остатки (недетерминированная составляющая). Распределение по территории доли вклада отклонений в общую изменчивость временных рядов годовых сумм осадков показало высокую согласованность их внутренней структуры в разных частях региона (рис. 2).

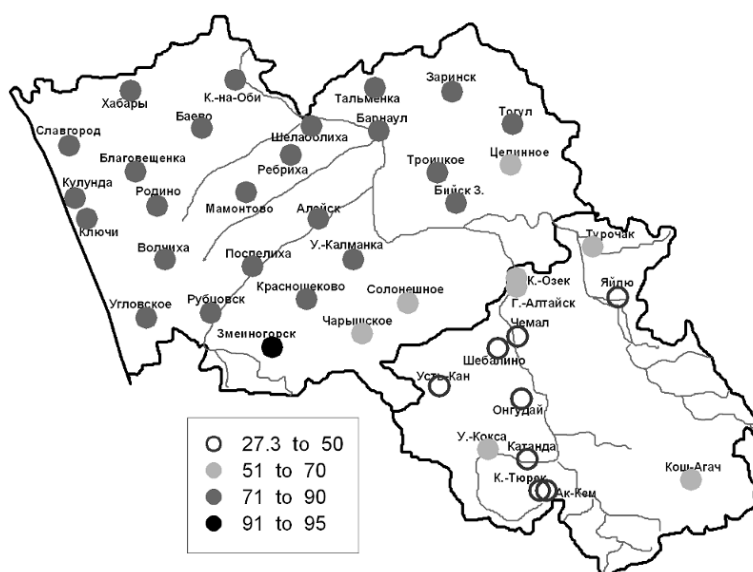


Рис. 2. Пространственное распределение доли вклада отклонений в общую изменчивость рядов средних годовых сумм осадков в Алтайском регионе в среднем за 1961–2013 гг.

Территория исследования разделилась на две части: с существенным вкладом глобальных процессов в изменения режима осадков и с определяющей ролью периодических составляющих и местных условий. Так, на станциях, относящихся к первому и третьему классам [9], от 70 до 95% изменчивости рядов осадков определяются отклонениями (периодичности плюс остатки). Напротив, в горной части региона, на станциях четвертого класса, где следовало ожидать максимального определяющего влияния местных условий на режим осадков, вклад отклонений почти везде до 50% (см. рис. 2), т.е. в более сложном рельефе изменчивость сумм осадков практически в равной степени определяется и отклонениями, и сезонным ходом. Проверка структуры рядов осадков в разные периоды показала, что доля вклада составляющих отклонений в общую изменчивость варьирует почти на всех станциях не более чем на 4%. Выделяются только станции Тогул, Троицкое, Усть-Чарышская, Рубцовск, на которых изменения вклада отклонений в общую изменчивость рядов в разные периоды осреднения составили около 12%.

Вклад долговременного тренда на всех станциях, кроме Кулунды, составляет всего сотые или десятые

доли процента суммарной изменчивости [9]. Это обстоятельство объясняет отсутствие явно выраженной долговременной тенденции в изменении среднего месячного количества осадков за период 1961–2013 гг.: в среднем по территории 0,51 мм/мес./10 лет при изменении от 1,51 мм/мес./10 лет на станции Усть-Чарышская до 2,46 мм/мес./10 лет на станции Кулунда. Оценка по критерию Стьюдента подтвердила, что эти тренды нельзя считать достоверными. В целом же по России, по данным [10], величина тренда годовых сумм атмосферных осадков за период 1976–2013 гг. составила 0,9 мм/мес./10 лет, для Западной Сибири – 2,0 мм/мес./10 лет. Таким образом, региональный отклик полей осадков на глобальное потепление на данном этапе развития процесса не существует. Происходят, скорее, колебания в режиме осадков как в годовом, так и в сезонном масштабах.

Из исходных временных рядов годового и сезонного разрешения для рассмотренных периодов были получены ряды аномалий, показывающих на сколько процентов средние суммы осадков соответствующего периода отличаются от нормы. Для большинства станций изменчивость осадков по абсолютному значению не превысила 10% (рис. 3).

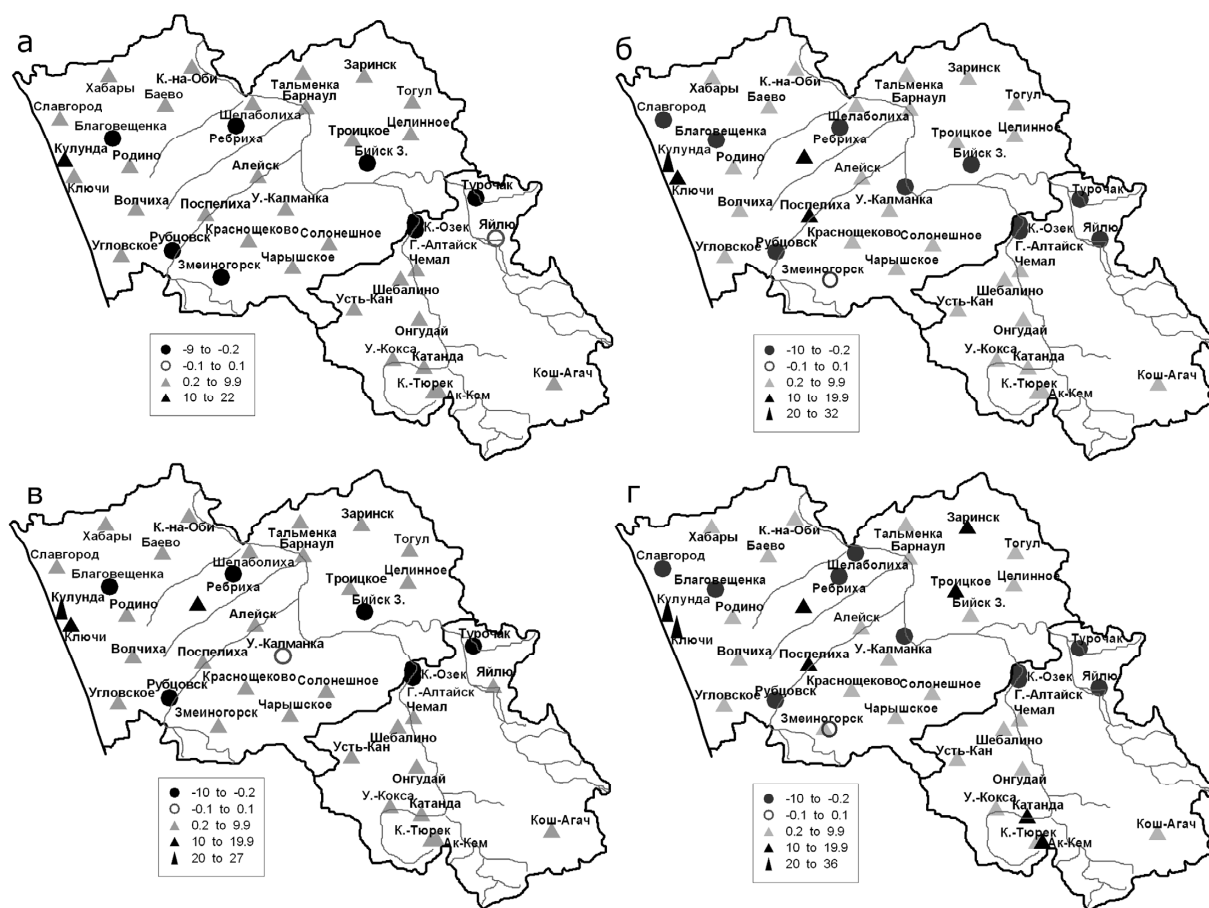


Рис. 3. Пространственное распределение в Алтайском регионе аномалий годовых сумм осадков (%), для периодов: а – 1976–2013 гг.; б – 1991–2013 гг.; в – 1981–2010 гг.; г – 1998–2013 гг.

Согласованность изменений в режиме осадков прослеживается в среднегорье и высокогорье, здесь в рассмотренные периоды по сравнению с нормой осадков выпало больше, опять же, не более чем на

10%. В равнинной части региона выявлены разнонаправленные отклонения от нормы (рис. 3). Максимальный рост годовых сумм осадков в рассмотренные периоды зафиксирован в степных районах Алтайского

региона, на станциях Кулунда и Ключи. Тем не менее на станциях Славгород, Благовещенка, расположенных там же, начиная с 1990-х гг. наблюдалось уменьшение сумм осадков (см. рис. 3, б, з). Этот факт подтверждает неравномерность пространственного выпадения осадков и сильную их зависимость от местных условий.

В 1976–2013 гг., в период современного глобального потепления [1], по сравнению с периодом 1961–1990 гг. на большинстве станций (тридцать из сорока двух) произошло незначительное увеличение годовых сумм осадков. Лишь на восьми станциях отмечено уменьшение осадков, которое также не превышает 10%. Для периода 1991–2013 гг., не пересекающегося с базовым, в целом пространственное распределение тенденций сходное (рис. 3, б). Большой рост годовых сумм выявлен только для средней части алтайских равнин: на станциях Мамонтово, Поспелиха, Ключи –

более 10%, на станции Кулунда – более 30%. В этот период осреднения увеличилось до десяти число станций с уменьшением годовых сумм осадков по сравнению с периодом 1961–1990 гг. Изменения среднего режима осадков в 1981–2010 гг. по сравнению с 1961–1990 гг. имели тот же характер, что и в 1991–2013 гг. В период похолодания последних полутора десятилетий в Алтайском регионе на фоне уменьшения скоростей глобального потепления отклонения от нормы на шести станциях составили более 10%, а на станциях Кулунда и Ключи – более 20%, т.е. изменчивость в режиме осадков увеличилась.

Для оценки внутригодовой структуры отдельно рассматривались осадки теплого (ТП; апрель–октябрь) и холодного (ХП; ноябрь–март) полугодий. На рис. 4 представлено распределение аномалий по полугодиям для периода 1976–2013 гг.

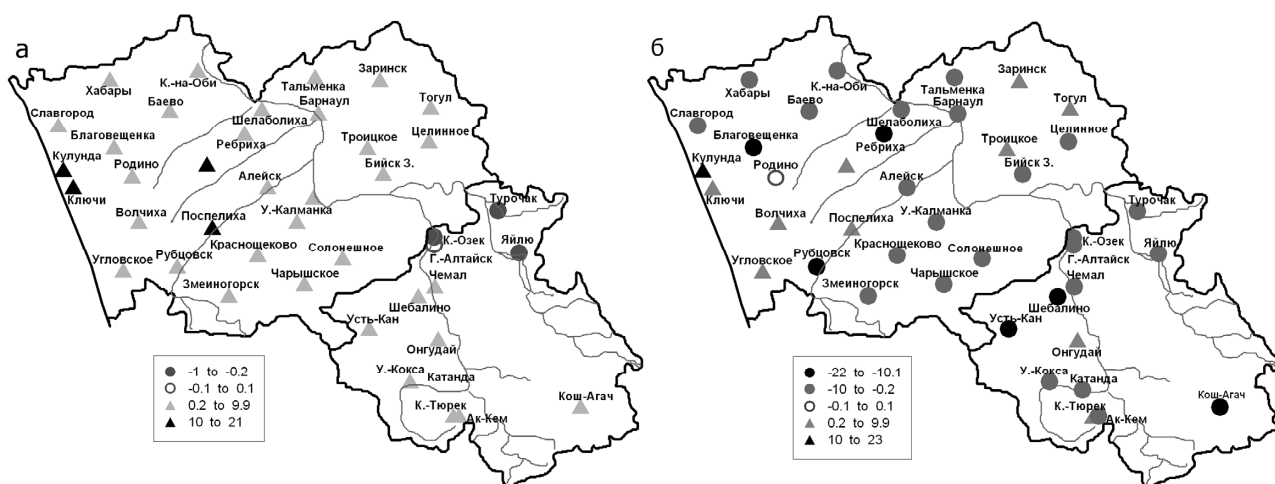


Рис. 4. Пространственное распределение аномалий сезонных сумм осадков в Алтайском регионе (%), осредненных за период 1976–2013 гг.: а – ТП; б – ХП

В ТП практически на всей территории на фоне глобального потепления происходил незначительный рост количества осадков (рис. 4, а). Хотя начало периода аккумуляции льда в ледниках Алтая, как правило, относят к концу августа – началу сентября, осадки ХП примерно можно соотносить с количеством твердых осадков, выпадающих в регионе и оказывающих значительное влияние на баланс и размеры ледников. Рост осадков ХП отмечен лишь на некоторых станциях. К сожалению, станция Актру не функционирует, поэтому оценить современные изменения в режиме осадков в районе горно-ледникового бассейна Актру – опорного объекта Сибири, включенного в Мировую сеть мониторинга ледников, не представляется возможным. На большинстве станций наблюдалось уменьшение осадков, причем до 22% от нормы (см. рис. 4, б). На высокогорных станциях Кош-Агач и Ак-Кем уменьшение сумм твердых осадков составило –12 и –5,6% соответственно. Таким образом, в данный период, соответствующий так называемому глобальному потеплению, в Алтайском регионе твердых осадков выпадало меньше, а рост годовых сумм осадков происходил за счет осадков ТП. Стоит отметить, что на станциях Кош-Агач и Ка-

ра-Тюрек отмечено уменьшение осадков ХП в рассмотренные периоды за исключением последнего, когда на станции Кош-Агач незначительное увеличение сумм осадков наблюдалось в оба полугодия. В целом на всех станциях существенных изменений внутригодовой структуры режима осадков не произошло. Доля осадков ТП в разные периоды остается в интервале 50–86%, а доля осадков ХП – 14–34%. В среднем по региону доля осадков ТП незначительно увеличилась от 65,5% в период 1961–1990 гг. до 67,5% в период 1976–2013 гг., уменьшив на 2% долю осадков ХП.

Об изменчивости структуры поля любой характеристики климата судят также по изменению уровней экстремумов. Как правило, влажными считают годы, когда выпадает более 120% осадков от нормы, а сухими – 80% от нормы. Анализ динамики отклонений от нормы годовых сумм для всех станций позволил выявить наиболее сухие, в порядке убывания охваченной территории, годы: 1997, 1962, 1974, 2009, 1965, 2011, 1967. По тому же принципу ранжир влажных лет: 2009, 2002, 1972, 1984, 1987, 1993, 2000, 2013. Сразу обратил на себя внимание 1997 г. – год сильнейшего Эль-Ниньо, которому на многих станци-

ях соответствует минимальное количество годовых осадков за рассмотренный период (1961–2013 гг.). Эль-Ниньо 1997 г. считают «феноменом века» [11]. В настоящее время ожидается новое такое событие, но однозначно спрогнозировать его интенсивность ученым пока не удалось. С колебанием Эль-Ниньо – Ла-Нинья ряд ученых связывают около 38% годовой дисперсии глобальных и полушарных осадков над сушей [12]. На совпадение с такими событиями были проверены остальные экстремальные годы. В результате получено, что отклик режима осадков в Алтайском регионе на это глобальное событие выражен, но неравнозначен. В 1997 г. почти на половине станций региона наблюдалось годовое количество осадков, минимальное за рассмотренный период, на остальных – локальный минимум. Причем минимумы, на многих станциях абсолютные, характерны и для осадков ТП и ХП 1997 г. Из перечня самых сухих лет на периоды средних Эль-Ниньо [13] приходятся 1965 и 2009 гг.

На данном этапе можно заключить, что резкое уменьшение количества осадков на большинстве станций Алтайского региона наблюдается в периоды очень сильных Эль-Ниньо. В то же время для другой половины станций самые сухие годы за исследованный период приходятся на годы с устойчивой отрицательной аномалией в Тихом океане – с событием Ла-Нинья: 1962, 1974, 2011. Влажные годы и самые влажные годы в регионе также соответствуют периодам Эль-Ниньо, но слабее выраженным. Механизм отклика режима осадков Алтайского региона на эти события требует углубленных исследований. Эта задача осложняется еще и тем, что само явление Эль-Ниньо – Южное колебание испытывает трансформации и к настоящему времени выявлено два типа сценариев его эволюции: до 1970-х гг. и с 1980-х гг., когда на изменение характера самого Эль-Ниньо наложилось ослабление холодной фазы этого колебания (Ла-Нинья) [11]. Полагаем, что характер проявления этой аномалии во внетропических широтах в каждом случае имеет свои особенности, так как процесс накладывается на разные состояния крупномасштабной атмосферной циркуляции. Кроме того, отклик климатической оболочки на любые воздействия нелинеен. В любом случае крупнейшие события Эль-Ниньо, что соответствует крупнейшим выбросам тепла и влаги в атмосферу, сказываются на режиме осадков внутриконтинентального Алтайского региона.

Действительно, наряду с циклами порядка 11, 14, 20, 30 и 40 лет в рядах годовых сумм осадков на всех станциях были выявлены циклы порядка 2–5, 6–8 лет.

Для выделения скрытых периодичностей был использован подход, описанный в [14]. Период 2–5 лет соответствует характерной периодичности Северо-Атлантического колебания. Влияние этой осцилляции на динамику параметров климата в Алтайском регионе вполне предсказуемо, так как преобладающее направление перемещения воздушных масс на данных широтах западное. На большей части станций 6- и 8-летняя гармоника оказалась ведущей, т.е. вносящей наибольший вклад в изменчивость рядов осадков. В среднем с таким периодом повторяются события Эль-Ниньо. Каждые 6–8 лет на большинстве станций Алтайского региона выпадает малое количество осадков, что способствует усилению засухливости и повышению пожароопасности в эти годы. 1997 г. пришелся на минимум 6-летнего цикла осадков и максимум летней температуры в 18-летнем цикле. В этот год был отмечен максимум числа лесных пожаров в Алтае за вторую половину XX в. – начало XXI в. Известно, что при резонансных сочетаниях гармоник различной продолжительности наблюдаются наиболее выраженные экстремумы температуры и сумм осадков.

Эта закономерность касается и всех рассмотренных станций. Если, например, обратиться к ситуации 1997 г., то такой глубокий минимум осадков был сформирован наложением минимума увлажненности в 6- и 11-летнем циклах. Для всех станций 11-летняя гармоника в рядах осадков полностью совпадает по фазам с 11-летней гармоникой, выделенной в рядах чисел Вольфа. Временной ход соответствующих гармоник для разных станций совпадает, что говорит о едином факторе или комплексе факторов, формирующих такой согласованный отклик в режиме осадков региона. Колебания сумм осадков в этих двух циклах формируют изменения в их динамике амплитудой до 40 мм. Точное совпадение их по фазе имеет квазипериодичность, что возможно просчитывать и использовать в прогнозировании.

Полученные в работе результаты показали, что изменения глобального климата, диагностируемые мировым сообществом по динамике осредненной по полушарию приземной температуры [1], не спровоцировали к настоящему времени существенных трансформаций в пространственно-временном режиме атмосферных осадков Алтайского региона. Наблюдаются его согласованные по территории исследования колебания с характерными периодами, свидетельствующими об отклике режима осадков в Алтайском регионе на внешние воздействия различных масштабов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Изменения климата*, 2013 г.: Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Т.Ф. Стокер, Д. Цинь, Дж.К. Платтнер и др. Кембридж, Соединенное Королевство; Нью-Йорк, США: Кембридж юниверсити пресс, 2013. 222 с.
2. Барашкова Н.К., Волкова М.А., Кузевская И.В., Чередыко Н.Н. Метеорологические условия высокогорной части Республики Алтай: современные характеристики, оценки изменчивости, влияние на режим ледников // *Лёд и Снег*. 2013. № 4 (124). С. 23–29.
3. Нарожный Ю.К. Ресурсная оценка и тенденции изменения ледников в бассейне Актру (Алтай) за последние полтора столетия // *МГИ*. 2001. Вып. 90. С. 117–125.
4. Харламова Н.Ф. Климатические особенности плоскогорья Укок и прилегающих территорий // *Известия АГУ*. 2004. Вып. 33, № 3. С. 71–77.
5. Лузгин Б.Н. Большой Алтай как климатический барьер // *Известия АГУ*. 2007. Вып. 55, № 3. С. 39–46.

6. Казакова Е.С., Севастьянов В.В. Климатические условия Северо-Западного Алтая // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Современные проблемы геоэкологии и природопользования горных территорий». Горно-Алтайск, 2009. С. 44–48.
7. Севастьянов В.В. Климатические ресурсы Горного Алтая и их прикладное использование. Томск, 2009. 252 с.
8. Харламова Н.Ф., Козлова Д.С. Статистические характеристики режима атмосферных осадков в Алтайском регионе // Известия АлтГУ. 2014. Вып. 83, № 3–1. С. 145–150.
9. Чередыко Н.Н., Журавлев Г.Г., Кусков А.И. Оценка современных климатических тенденций и синхронности их проявления в Алтайском регионе // Вестник Томского государственного университета. 2014. № 379. С. 200–208.
10. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2013 год. М., 2014. 109 с.
11. Семенов Е.К. Грандиозные последствия далекого «Эль-Ниньо» // Россия в окружающем мире. 1999. С. 197–212.
12. Mokhov I.I., Smirnov D.A. El-Nino/Southern Oscillation drives North Atlantic Oscillation as revealed with nonlinear techniques from climatic indices // Geophys. Res. Lett. 2006. V. 33. P. L03708, doi:10.1029/2005GL024557.
13. Андрианова О.Р., Белевич Р.Р., Скипа М.И. Экстремумы в среднегодовых характеристиках Черного моря как следствие дальних проявлений Эль-Ниньо // Экологическая безопасность прибрежной шельфовой зоны. 2005. № 13. С. 364–374.
14. Крутиков В.А., Прейс Ю.И., Кусков А.И., Чередыко Н.Н. Цикличность торфообразовательного процесса на юге лесной зоны Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317, № 1. С. 46–51.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 20 октября 2014 г.

LARGE-SCALE MODES OF CLIMATE CHANGE AND THE CONSISTENCY OF CHANGES IN THE SPATIO-TEMPORAL STRUCTURE OF THE FIELD OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION IN THE ALTAI REGION

Tomsk State University Journal, 2015, 391, 220–226. DOI 10.17223/15617793/391/35

Cheredko Natalia N. Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS (Tomsk, Russian Federation). E-mail: atnik3@rambler.ru

Zhuravlev Georgy G. Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: ggz50@sibmail.com

Keywords: Altai region; precipitation; climate structures; El Niño.

Today the regional response to the global changes in modern climate is a very urgent problem. In this article the impact of large-scale modes of modern climate change on a particular space-time structure of the fields in annual and seasonal precipitation amounts in the Altai region has been analyzed. A significant trend in the dynamics of annual precipitation on the background of increasing global temperatures in recent decades has not been fixed. The insignificant growth of the annual amounts was due to precipitation in the warm half of the year. The decrease of precipitation in the cold half of the year at most stations was revealed. The maximum increase in annual precipitation in all the considered periods was recorded in the steppe regions of the Altai region, at stations Kulunda and Klyuchi. Considerable spatial heterogeneity of changes in precipitation in the region is primarily due to the terrain relief. Relief, as it is known, is one of the basic climate factors. The study area has two parts. In the first part, global processes (the trend, annual variation) make a significant contribution to the changes in precipitation. In the second part, the periodic components and local conditions have a decisive influence. So, at the stations belonging to the first and third classes, from 70 to 95% of the variability of precipitation series is determined by deviations (frequency, remnants). The second part is the mountainous part of the region. These stations belong to the fourth class. Here, one would expect the maximum influence of local conditions on the precipitation regime. But the deviations almost everywhere here are up to 50%. Thus, in the more difficult terrain, the variability of precipitation is almost equally determined by both deviations and global factors. The consistency in changing the seasonal structures of these climatic characteristics is shown. The increase in the variability of precipitation during the cold period in the recent fifteen years in the Altai region on the background of the decreasing speed of global warming was found. The response was revealed in the precipitation regime in the region to the mechanism El Niño – Southern Oscillation. This response is contradictory. At this stage, we can conclude that the sharp decrease in the amount of precipitation at most stations of the Altai region is observed in the periods of very strong El Niño. At most of the stations six- and eight-year-old harmonics were leading, that is making the greatest contribution to the variability of precipitation series. On average, the events of El Niño repeat with such a period. The obtained results have shown that the global climate change now is not provoked by substantial transformations in the space-time mode of precipitation of the Altai region. Its oscillations are observed with typical periods showing the response of the precipitation regime in the Altai region to the external events of different scales.

REFERENCES

1. Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. (eds.) *Izmeneniya klimata, 2013 g.: Fizicheskaya nauchnaya osnova. Vklad Rabochey gruppy I v Pyatyy otsenochnyy doklad Mezhpriatel'stvennoy gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata* [Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change]. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2013. 222 p.
2. Barashkova N.K., Volkova M.A., Kuzhevskaya I.V., Chered'ko N.N. Meteorological conditions of high-mountain part of the Altai Republic: present-day characteristics, estimates of variability, and effect on glaciers regime. *Led i Sneg – Ice and Snow*, 2013, no. 4 (124), pp. 23–29. (In Russian).
3. Narozhnyy Yu.K. Resursnaya otsenka i tendentsii izmeneniya lednikov v basseynе Aktru (Altay) za poslednie poltora stoletiya [Resource assessment and trends of glaciers in the Aktru basin (Altai) over the past 50 years]. *MGI*, 2001, issue 90, pp. 117–125.
4. Kharlamova N.F. Climatic characteristic of Ukok Plateau and adjoining territories. *Izvestiya AltGU – The News of Altai State University*, 2004, issue 33, no. 3, pp. 71–77. (In Russian).
5. Luzgin B.N. Bol'shoy Altay kak klimaticheskii bar'er [Big Altai as a climate barrier]. *Izvestiya AltGU – The News of Altai State University*, 2007, issue 55, no. 3, pp. 39–46.
6. Kazakova E.S., Sevast'yanov V.V. [The climatic conditions of the North-Western Altai]. *Materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennye problemy geoekologii i prirodnopol'zovaniya gornyykh territoriy"* [Proceedings of the IV International Scientific-Practical Conference "Modern Problems of Geoecology and environmental mountain areas"]. Gorno-Altaysk, 2009, pp. 44–48. (In Russian).

7. Sevast'yanov V.V. *Klimaticheskie resursy Gornogo Altaya i ikh prikladnoe ispol'zovanie* [Climatic resources of the Altai Mountains and their applications]. Tomsk: Tomsk State Pedagogical University Publ., 2009. 252 p.
8. Kharlamova N.F., Kozlova D.S. Statistical Characteristics of Atmospheric Precipitation Regime in the Altai Region. *Izvestiya AltGU – The News of Altai State University*, 2014, issue. 83, no. 3–1, pp. 145–150. (In Russian).
9. Chered'ko N.N., Zhuravlev G.G., Kuskov A.I. Estimation of modern climate trends and their synchronicity in the Altai region. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal*, 2014, no. 379, pp. 200–208. (In Russian).
10. *Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy federatsii za 2013 god* [Report on the peculiarities of climate in the Russian Federation in 2013]. Moscow, 2014. 109 p.
11. Semenov E.K. *Grandioznye posledstviya dalekogo "El'-Nin'o"* [Grandiose consequences of the distant El Niño]. In: *Rossiya v okruzhayushchem mire* [State of Russia in the surrounding world]. 1999, pp. 197–212.
12. Mokhov I.I., Smirnov D.A. El-Nino-Southern Oscillation drives North Atlantic Oscillation as revealed with nonlinear techniques from climatic indices. *Geophys. Res. Lett.*, 2006, vol. 33, p. L03708. DOI: 10.1029/2005GL024557.
13. Andrianova O.R., Belevich R.R., Skipa M.I. Ekstremumy v srednegodovykh kharakteristikakh Chernogo morya kak sledstvie dal'nikh proyavleniy El'-Nin'o [Extrema in the average characteristics of the Black Sea as a result of long-range displays of El Niño]. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy shel'fovoy zony*, 2005, no. 13, pp. 364–374.
14. Krutikov V.A., Preys Yu.I., Kuskov A.I., Chered'ko N.N. Tsiklichnost' torfoobrazovatel'nogo protsessa na yuge lesnoy zony Zapadnoy Sibiri [Cyclicality of peat-forming process in the south of the forest zone of Western Siberia]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta – Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2010, vol. 317, no. 1, pp. 46–51.

Received: 20 October 2014