

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ

УДК 551.583

ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ОСАДКОВ В МЕЖГОРНЫХ
КОТЛОВИНАХ ЮГО-ВОСТОЧНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО АЛТАЯ

© 2018 г. М. Г. Сухова*, О. В. Журавлева

Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Россия

*e-mail: mar_gs@ngs.ru

Поступила в редакцию 26.10.2016 г.

Принята в печать 27.07.2018 г.

Изучение региональных проявлений изменений климата в горных территориях актуально для детализации планетарной картины климатических перестроек. Анализировалась многолетняя метеорологическая информация (60-летний период) по высокогорным и среднегорным межгорным котловинам – Чуйская (Юго-Восточная Алтайская физико-географическая провинция), Канская, Уймонская и Урскульская (Центрально-Алтайская физико-географическая провинция). Показано, что наиболее значимые изменения температуры воздуха и осадков происходят в Чуйской котловине. Величина повышения среднегодовой температуры воздуха за период 1955–2016 гг. на основе линейных трендов составила 3°C. В Канской, Урскульской и Уймонской котловинах эта величина составляет 1,8, 1,9 и 2,3°C соответственно. Однако вместе с этим отмечается и тенденция к незначительному похолоданию последнего десятилетия. Во всех районах исследования значимых изменений в режиме осадков выявлено не было, однако при рассмотрении сезонной специфики на основе линейных трендов выявились некоторые отличия. Так, повсеместно фиксируется повышение летних сумм осадков: на 33 мм по метеостанции Усть-Кокса, на 23 мм по метеостанции Усть-Кан и на 12 мм по метеостанции Кош-Агач. Количество зимних осадков уменьшается на величины от 2 до 10 мм. Эти значения не являются статистически значимыми и приводятся для иллюстрации намечающихся тенденций. Несмотря на увеличение количества летних осадков, происходящие изменения свидетельствуют о значимой тенденции усиления аридизации территории, поскольку наблюдаемый прирост температур воздуха не сопровождается соответствующим увеличением атмосферных осадков.

Ключевые слова: изменение климата, межгорные котловины, аридизация территории

DOI: 10.1134/S258755661806016X

Актуальность исследований современных изменений климата не вызывает сомнений: повсеместно наблюдается рост числа стихийных бедствий, растут ущербы от наводнений, засух и пожаров, которые являются следствием происходящих изменений климата [1–3, 5, 8]. В заявлении ВМО о состоянии глобального климата в 2015 г. отмечается, что “одним из самых действенных средств для адаптации к последствиям изменения климата является укрепление систем заблаговременных предупреждений о бедствиях и климатического обслуживания” [1, с. 3]. В связи с этим изучение региональных проявлений изменений климата горных территорий имеет особый смысл, так как способно детализировать общую картину.

Объект и методы. В таких регионах как Республика Алтай, межгорные котловины – это наиболее заселенные и освоенные в хозяйственном отношении территории. В качестве объектов исследования были выбраны Чуйская котловина,

расположенная в Юго-Восточной Алтайской физико-географической провинции, и Канская, Уймонская, Урскульская котловины, расположенные в Центрально-Алтайской физико-географической провинции. Их основные морфометрические характеристики представлены в таблице 1.

Они приурочены, как правило, к тектоническим разломам районов максимального напряжения тектонических дислокаций. Вдоль крупных разломов располагаются две или несколько котловин, разделенных невысокими горными грядами. Это участки аккумуляции древних и современных отложений, среди которых преобладают аллювиально-делювиальные, пролювиально-делювиальные, флювиогляциальные отложения. В рельефе наиболее типичны аккумулятивные равнины, предсклоновые шлейфы и террасы рек. Рельеф котловин Юго-Восточного Алтая отличается от рельефа котловин Центрального Алтая. Здесь почти отсутствуют наклоненные участки равнин. Из-за малого количества осадков особо

Таблица 1. Морфометрические характеристики котловин

Котловина/ Метеостанция	Характеристики			
	Длина, км	Ширина, км	Высота днища над ур.м., м	Превышение хребтов, км
Уймонская (Усть-Кокса)	40	10	850–1000	1.9–2.1
Канская (Усть-Кан)	26	6	1100–1200	1.3–1.5
Чуйская (Кош-Агач)	70	40	1700–1800	1.1–1.3
Урскульская (Онгудай)	23	7	850–900	1.4–1.6

представлена плоскостная эрозия. Имеющиеся конусы выноса и делювиальные шлейфы очень незначительны и не способны сформировать наклонную равнину [4].

Наиболее общая черта климата района исследований — резкая континентальность, обусловленная географическим расположением в центре материка и орографической изолированностью. В зимние месяцы выхолаживание воздуха на днищах котловин связано с господством антициклонов, стоком холодного воздуха со склонов и его застою. В теплый период с восстановлением западного переноса воздушных масс возникает барьерный эффект, и на подветренных склонах облачность размывается, поэтому осадков выпадает так же как и зимой мало. При опускании воздух адиабатически нагревается, облака размываются, и возрастает число часов солнечного сияния [6]. Радиационный режим характеризуется значительными колебаниями продолжительности солнечного сияния и количества солнечной энергии, поступающей на земную поверхность. Также изменение прихода солнечной радиации оказывает влияние на изменение температуры воздуха, таяние ледников, растительность, почву, сезонность явлений природы.

Полюсом холода на Алтае является Чуйская котловина, где средняя температура января ниже -30°C . В Урскульской и Канской котловинах средняя температура января около -20°C . Однако во всех межгорных котловинах с ноября по апрель на днищах представлены мощные озера холода, на склонах — инверсионное распределение температур. Так как верхние части склонов и водоразделы оказываются в слое антициклональной инверсии сжатия, то и температура зимних месяцев здесь значительно выше, чем на днищах, находящихся в пределах от -15 до -17°C .

Динамика климатических изменений изучалась на основе многолетней метеорологической информации (61-летний период: с 1955 по 2016 г.). Для корректного анализа временного распределения основных метеорологических показателей на территории котловин были использованы ежедневные данные наблюдений оперативно-наблюдательных подразделений Горно-Алтайского ЦГМС — филиала ФГБУ “Западно-Сибирского

УГМС” по метеостанциям Кош-Агач, Усть-Кан, Усть-Кокса, Онгудай, данные, размещенные на официальном сайте ВНИИГМИ МЦД [9], для продления рядов использовались данные по количеству осадков по срокам наблюдений с сайта оперативных метеорологических данных [10].

Результаты исследования и их обсуждение. Проведенные расчеты годовой температуры воздуха в календарных рамках позволили установить значительный положительный линейный тренд. Так, по данным метеостанции Кош-Агач, величина повышения среднегодовой температуры воздуха за 60 лет (1955–2015 гг.), на основе линейных трендов, составила 3°C (рис. 1) при средней многолетней температуре этого периода -4.7°C , что на 2°C выше климатической нормы по справочным данным [7], однако на 0.9°C ниже аналогичного показателя за последние 30 лет. С 1998 г. (см. рис. 1) отмечается “пауза в потеплении”. Этот период характеризуют относительно стабильной средней температурой, которая время от времени сопровождается резкими всплесками потепления. Однако отклонения температуры от нормы в средних годовых показателях не отражают полную динамику термического режима в течение годового цикла.

По сезонам года местные циркуляционные условия могут изменяться довольно значительно: от преобладания антициклональной, малооблачной и сухой погоды зимой до неустойчивой циклональной погоды с чередованием волн тепла и холода, осадками весной и осенью.

В условиях гор погодные (и климатические) характеристики еще более дифференцируются под влиянием рельефа, что находит отражение и в особенностях термического режима. Таким образом, наиболее объективная картина отклонения температуры воздуха от нормы раскрывается при сезонном анализе (рис. 2).

Анализ динамики среднесезонных изменений температуры воздуха показал неоднородность изменений в течение года (см. рис. 2). Наибольшая положительная тенденция наблюдается в зимний период и составляет 3.2°C . И, хотя за последние 60 лет средняя температура зимы повысилась, изменение ее далеко не однородно. Так, в 1960-е годы в Чуйской котловине средняя температура зи-

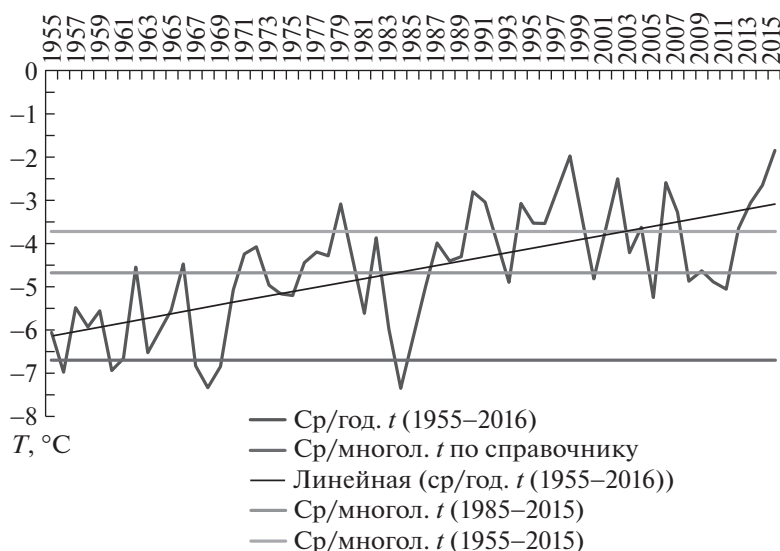


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры воздуха, МС Кош-Агач.

мы составляла -23.1°C , в 1990-е годы -18.5°C . Однако в последние годы (2006–2015 гг.) наблюдалось значительное понижение температуры, при ее средней в зимний период -20.3°C . Можно констатировать и значительные флуктуации значений, так в 2008 г. средняя температура зимы здесь составляла -17.3°C , в 2015 г. -15.7°C , в 2006 и 2009 г. -23°C , а в 2011 г. -24.4°C .

Для весеннего сезона характерна очень большая изменчивость температур. Относительно теплые весны сменяются более холодными. В целом за 60-летний период весной отклонение температуры воздуха от нормы в сторону повышения температур составило 2.2°C .

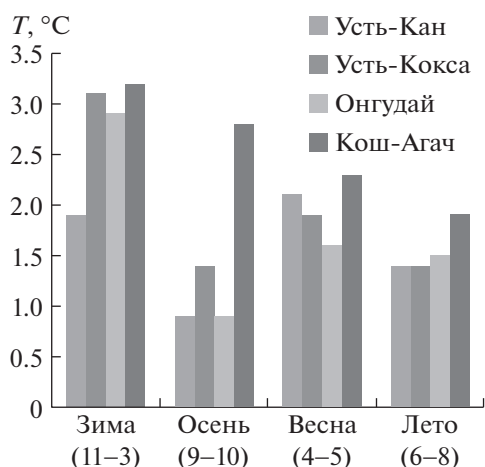


Рис. 2. Величина повышения среднесезонной температуры воздуха за период 1955–2016 гг. на основе линейных трендов.

В отличие от других сезонов, межгодовое распределение среднесезонных температур лета имеет более плавный ход, что свидетельствует об относительной устойчивости летних погод. Изменение температуры с высотой в летний период выражено наиболее четко. Превышение температуры относительно нормы летом составляет около 1°C .

За последние 60 лет наиболее холодным было лето 1968 г., когда среднелетняя температура составила 11.3°C , что ниже нормы на 1.2°C .

Динамика изменения среднеосенних температур по большей части синхронна весенним, в противофазе находится 1968 г., когда средняя температура осени составила 7.1°C , и 2001 г. -0.8°C при норме 0.7°C . Отклонения температуры в сторону понижения не столь глубокие и продолжительные, как в зимний период.

Анализ изменения годового количества осадков за период с 1956 по 2015 г. не выявил статистически значимых отклонений (рис. 3).

При рассмотрении сезонной специфики на основе линейных трендов выявились некоторые отличия (рис. 4), так, величина повышения летних сумм осадков составила 12 мм, величина понижения зимних сумм -10 мм. Однако оба этих значения не являются статистически значимыми.

Анализ изменений температуры воздуха в котловинах Центрального Алтая проводился по данным трех метеостанций. По данным метеостанции Усть-Кокса, расположенной в Уймонской котловине, величина повышения среднегодовой температуры воздуха за 61 год (1955–2016 гг.), на основе линейных трендов, составила 2.3°C (рис. 5), при средней многолетней температуре этого периода 0.4°C , что на 1.5°C выше климатической



Рис. 3. Динамика годового количества атмосферных осадков, МС Кош-Агач.

нормы по справочным данным, однако на 0.7°C ниже аналогичного показателя за последние 30 лет.

Анализ динамики среднесезонных изменений температуры воздуха также показывает неоднородность изменений в течение года (см. рис. 2). Наибольшая положительная тенденция, как и в котловинах Юго-Восточного Алтая, отмечается в зимний период и составляет 3.1°C . За 60 лет амплитуда средних температур зимы составила 9°C , от -19°C до -10°C . В период с 1990 г. отклонение этого значения от средней величины фиксируется чаще, и с относительно теплой зимой может соседствовать ощутимо холодная.

Средняя температура весны также варьирует в больших пределах – от 3.5 до 11°C . В целом за 60-летний период весной отклонение температуры воздуха от нормы в сторону повышения температуры составило 1.9°C .

Превышение температуры относительно нормы летом составляет около 1.4°C и, в отличие от других сезонов, межгодовое распределение среднесезонных температур в целом имеет относительно плавный ход. Однако амплитуда значения за последнее десятилетие составила 4°C .

Следует отметить, что с начала тысячелетия фиксируется плавный ход изменения и среднесезонных температур. В целом величина повышения среднесезонной температуры воздуха в период с 1955 по 2016 г. составила 1.4°C .

Анализ изменения годового количества осадков за период с 1956 по 2016 г. не выявил статистически значимых отклонений (рис. 6). Разброс величин велик: от 240 мм в 1974 г. до 680 мм в 1969 г.

Анализ сезонной специфики не показал, что изменения характерны в основном для летнего периода. Линейные тренды фиксируют повышение летних сумм осадков на 23 мм, величина зимних сумм незначительно уменьшается на 2 мм (см. рис. 4).

В *Канской котловине* величина повышения среднегодовой температуры воздуха за 60 лет (1955–2016 гг.) составила 1.8°C (рис. 7). Средняя многолетняя температура этого периода – 0.1°C , что на 1.6°C выше климатической нормы, однако

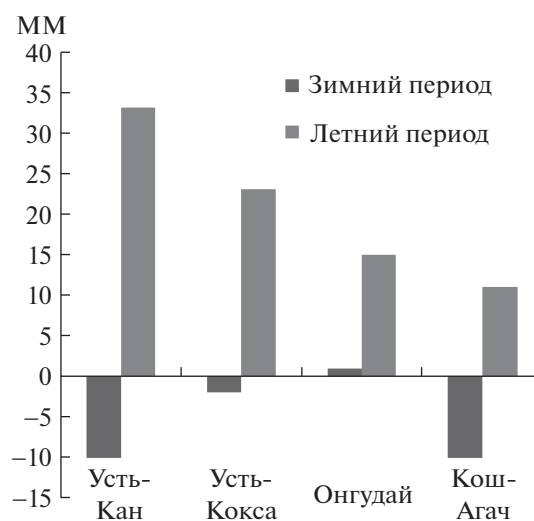


Рис. 4. Величина изменений сумм осадков зимнего и летнего периодов 1955–2016 гг. на основе линейных трендов.

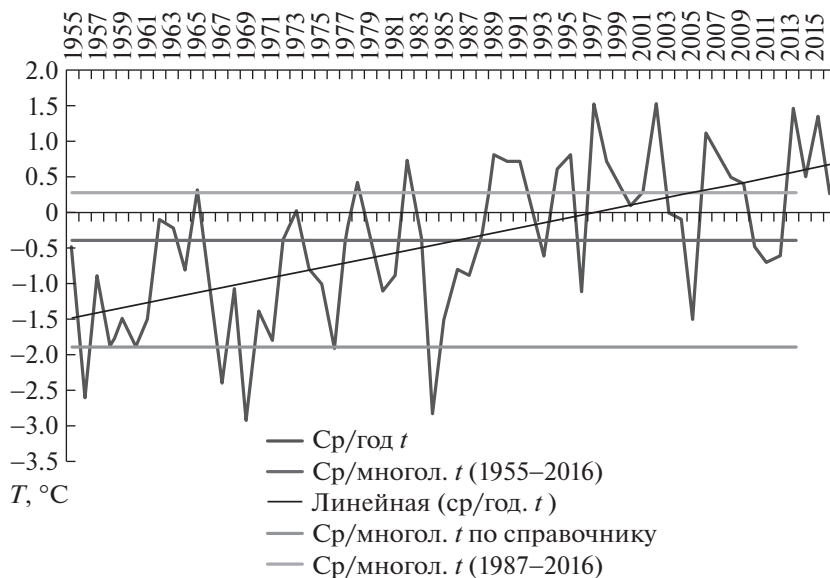


Рис. 5. Динамика среднегодовой температуры воздуха, МС Усть-Кокса.

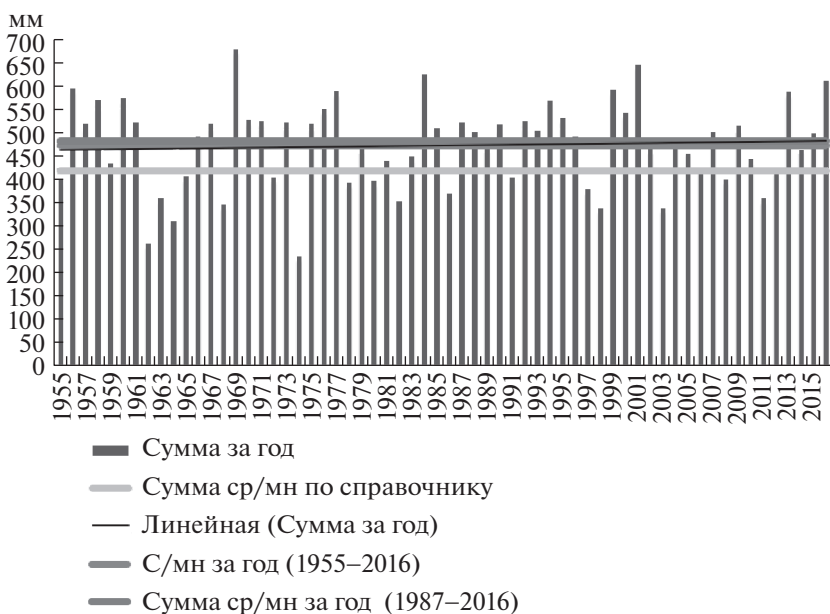


Рис. 6. Динамика годового количества атмосферных осадков, МС Усть-Кокса.

на 0.5°C ниже аналогичного показателя за последние 30 лет. Таким образом, общие тенденции, зафиксированные для других межгорных котловин, наблюдаются и здесь.

Если анализировать ситуацию по сезонам, то по сравнению с другими котловинами здесь самая маленькая величина повышения среднезимней температуры воздуха (см. рис. 2). Ее величина – 2.8°C , что на 0.4°C меньше, чем, например, в Чуйской котловине. Хотя от года к году эта величина способна меняться значительно: в 1965 г. –

-10°C , а в 1968 г. – -16.5°C . Максимальная амплитуда значений за весь описываемый период – 9.5°C .

В поведении средних весенних температур воздуха отклонение от нормы в сторону повышения температур составило 2.1°C . Средняя температура весенних месяцев варьирует в пределах от 1.5 до 9°C .

Превышение температуры относительно нормы летом составляет около 1.4°C , и, как уже было отмечено для других котловин, ход температур

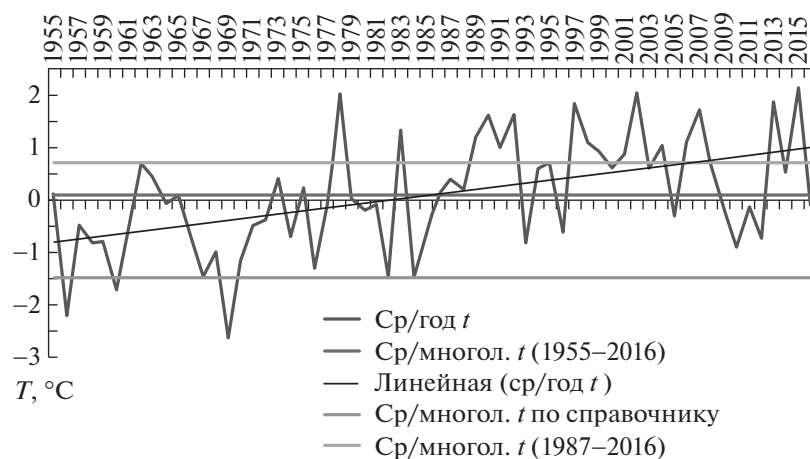


Рис. 7. Динамика среднегодовой температуры воздуха, МС Усть-Кан.

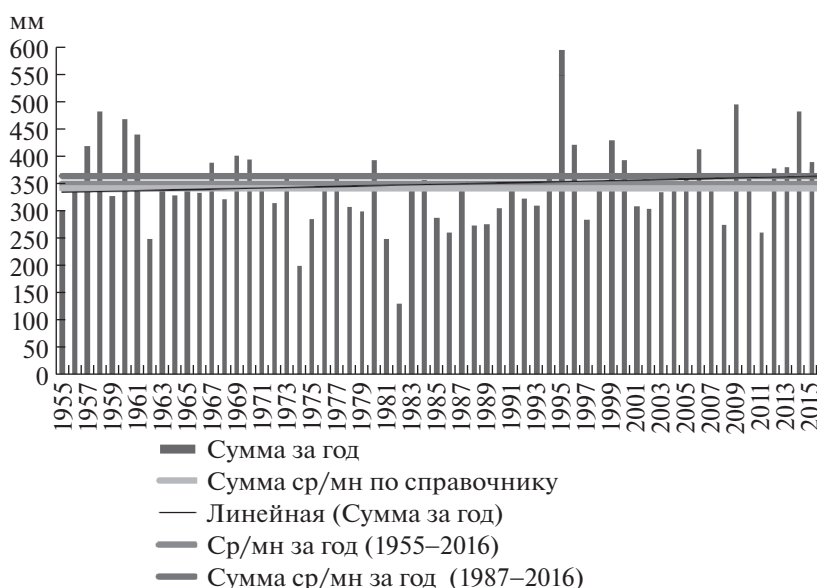


Рис. 8. Динамика годового количества атмосферных осадков, МС Усть-Кан.

плавный. Наблюдаются небольшие флуктуации (2°C) последнего десятилетия.

Среднеосенние температуры воздуха в период с 1955 по 2016 г. увеличились на 0.85°C . Такая же ситуация отмечалась и для *Урскульской котловины*. Кроме того, также необходимо отметить устойчивое состояние осенней погоды последнего десятилетия.

Годовое количество осадков по данным метеостанции Усть-Кан за период с 1956 по 2016 г. также не выявило статистически значимых отклонений (рис. 8). Разброс величин значительный: от 135 мм в 1982 г., до 595 мм в 1995 г.

Величина изменений сумм осадков зимнего и летнего периодов 1955–2016 гг. по данным этой

метеостанции самая значительная. Линейные тренды фиксируют повышение летних сумм осадков на 33 мм, и уменьшение величины зимних сумм на 10 мм.

Общие закономерности в динамике температуры воздуха по данным метеостанции Усть-Кан прослеживаются и в метеоданных станции Онгудай. Величина повышения среднегодовой температуры воздуха на основе линейных трендов за 60 лет отличается лишь на 0.1°C и составляет 1.9°C (рис. 9) при средней многолетней температуре этого периода 0.4°C , что на 1.5°C выше климатической нормы по справочным данным, однако на 0.6°C ниже аналогичного показателя за последние 30 лет.

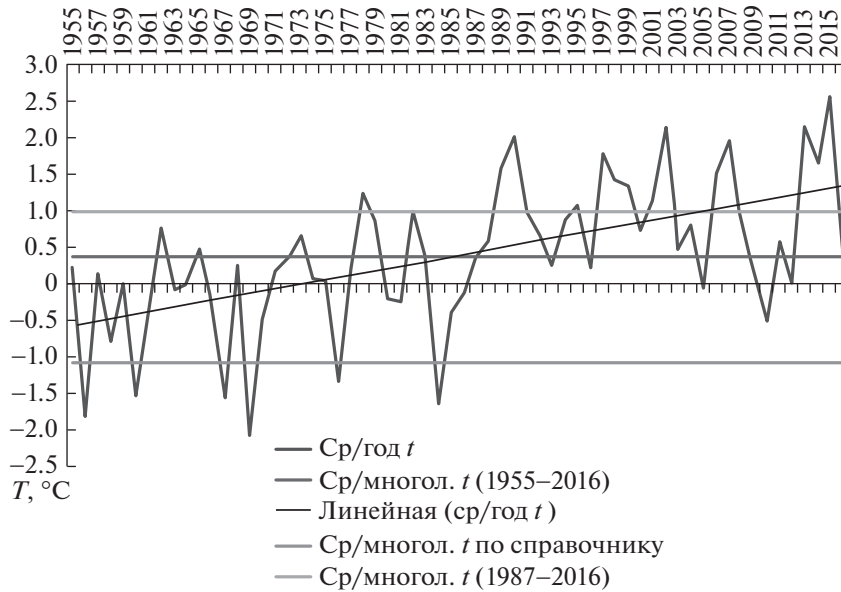


Рис. 9. Динамика среднегодовой температуры воздуха, МС Онгудай.

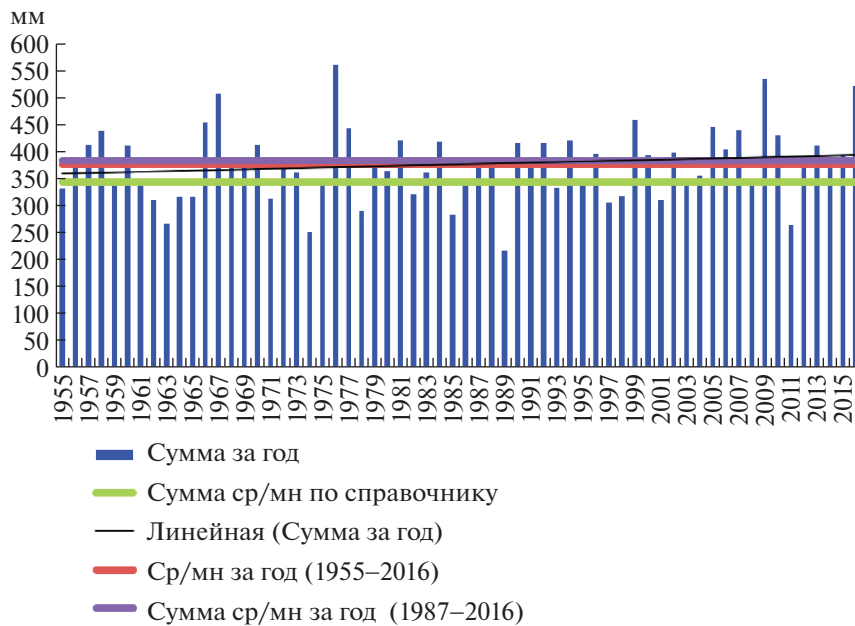


Рис. 10. Динамика годового количества атмосферных осадков, МС Онгудай.

Особенности среднесезонных изменений температуры воздуха также во многом идентичны тем, которые наблюдаются в Канской котловине, за исключением зимнего периода (см. рис. 2). Здесь наибольшая положительная тенденция наблюдается в зимние месяцы и составляет 2.85°С. С середины 90-х годов XX в. отмечаются значительные флуктуации значений, так, например, в 2010 г. средняя температура зимы составляла – 17.5°С, а в 2014 г. – –9.1°С. Значимых закономер-

ностей в изменении годового количества осадков за период с 1956 по 2016 г. также не выявлено (рис. 10).

Выводы. Таким образом, проанализировав динамику изменения температуры воздуха и осадков в межгорных котловинах Центрального и Юго-Восточного Алтая, мы установили устойчивую тенденцию к потеплению. Причем наиболее значимые изменения происходят в Чуйской котловине. Величина повышения среднегодовой температуры воздуха за период 1955–2016 гг. на

основе линейных трендов составила 3°C. В Канской, Урскульской и Уймонской котловинах эта величина ниже – 1.8, 1.9 и 2.3°C соответственно. Вместе с этим необходимо отметить и тенденцию к незначительному похолоданию последнего десятилетия. На всех объектах значимых изменений в режиме осадков выявлено не было, однако при рассмотрении сезонной специфики на основе линейных трендов выявились некоторые отличия. Повсеместно фиксируется повышение летних сумм осадков – на 33 мм по метеостанции Усть-Кокса, на 23 мм по метеостанции Усть-Кан и на 12 мм по метеостанции Кош-Агач. Количество зимних осадков уменьшается на величины от 2 до 10 мм. Происходящие изменения свидетельствуют о значимой тенденции усиления аридизации территории, поскольку наблюдаемый прирост температур воздуха не сопровождается соответствующим увеличением атмосферных осадков.

Благодарности. Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ № 5.5702.2017/БЧ, а также гранта РФФИ 16-45-040266 p_a.

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the State Service of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation no. 5.5702.2017/BC, as well as the RFBR grant no. 16-45-040266 p_a.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2015 году. URL: <http://www.meteor.ru/press/news/11547/> (дата обращения: 25.03.2017).
2. Изменение климата // Ежемесячный информационный бюл. М.: Росгидромет, 2016. URL: <http://www.global-climate-change.ru/index.php/ru/bul-izmenenie-klimata/archive-of-bullet/> (дата обращения: 27.03.2017).
3. Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона: оценочный доклад / ред. Т.А. Бляхарчук, И.В. Герасимчук, Г.В. Груза и др. М., 2011. 168 с.
4. Михайлов Н.И. Горы Южной Сибири: очерк природы. М.: Гос. изд-во геогр. лит-ры, 1961. 238 с.
5. Ротанова И.Н., Харламова Н.Ф., Останин О.В. Изменения климата Алтая за период инструментальных исследований // Изв. АлтГУ. 2012. № 3. С. 105–109.
6. Сухова М.Г., Гарме Е.О. Климатические условия формирования межгорно-котловинных и горнодолинных ландшафтов Алтая // МНКО. 2012. № 1 С. 315–318.
7. Справочник по климату СССР. Температура воздуха и почвы. Л.: Гидрометеиздат, 1965. Вып. 20. Ч. 1. 20 с.
8. Сыромятина М.В., Москаленко И.Г., Чистяков К.В. Тенденции изменения климата на Алтае на фоне глобальных климатических изменений (по инструментальным и дендрохронологическим данным) // Вестн. СПбГУ. Сер. 7. Геология. География. 2010. № 3. С. 82–91.
9. URL: http://www.meteo.ru.climate.sp_clim.php. (дата обращения: 07.03.2017).
10. URL: <http://rp5.g/> (дата обращения: 03.04.2017).

Dynamic of Changes in Air and Sediments Temperature in the Intermountain Hollows of the Southeast and Central Altai

M. G. Suhova* and O. V. Zhuravleva

Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russia

*e-mail: mar_gs@ngs.ru

Received October 26, 2016

Accepted July 27, 2018

The study of the regional manifestations of climate change in mountain areas is of special significance, because it can refine the planetary picture of climate changes. Multiyear meteorological data (60 year period) on high-mountain and mid-mountain intermountain hollows – the Chuya hollow (Southeastern Altai physical and geographical province), Kanskaya, Uimonskaya and Ursulskaya troughs (Central Altai physical and geographical province) are analyzed. It is shown that the most significant changes in air temperature and precipitation occur in the Chuya hollow. Based on linear trends, it is found that the average annual air temperature increased 3°C over 1955–2016. In the Kanskaya, Uimonskaya and Ursulskaya troughs, this value is 1.8, 1.9 and 2.3°C, respectively. However, at the same time there is a tendency to a slight cold snap of the last decade. Substantial changes in precipitation patterns in all studied areas are not revealed, but some differences are found when considering seasonal patterns based on linear trends. So, everywhere increase in summer precipitation is recorded: on 33 mm at the meteorological station Ust-Koksa, 23 mm at the meteorological station Ust-Kan and 12 mm at the meteorological station Kosh-Agach. The amount of winter precipitation is reduced by values from 2 to 10 mm. These values are not statistically significant and are provided to illustrate emerging trends. Despite the increase in summer precipitation, these changes indicate a significant trend of increasing aridity of the territory, since the observed increase in air temperatures is not accompanied by a corresponding increase in precipitation.

Keywords: climate change, intermountain troughs, aridity of the territory.

REFERENCES

1. *Zayavlenie VMO o sostoyanii globalnogo klimata v 2015 godu* [WMO Statement on the State of the Global Climate in 2015]. Available at: <http://www.meteor.ru/press/news/11547/> (accessed 25.03.2017).
2. *Izmenenie klimata. Ezhemesyachnyi informatsionnyi byulleten* [Climate Change. Monthly Newsletter]. Moscow: Rosgidromet, 2016. Available at: <http://www.global-climate-change.ru/index.php/ru/bul-izmenenie-klimata/archive-of-bullet> (accessed 27.03.2017).
3. *Izmenenie klimata i ego vozdeistvie na ekosistemy, naselenie i khozyaistvo rossiiskoi chasti Altae-Sayanskogo eko-regiona: otsenochnyi doklad* [Climate Change and its Impact on Ecosystems, Population and Economy of the Russian Part of the Altai-Sayan Ecoregion: an Evaluation Report]. Blyaharchuk T.A., Gerasimchuk I.V., Gruza G.V., Eds. Moscow, 2011. 168 p.
4. Mikhailov N.I. *Gory Yuzhnoi Sibiri: ocherk prirody* [Mountains of Southern Siberia: an Essay on Nature]. Moscow: Gos. Izd-vo Geogr. Literatury Publ., 1961. 238 p.
5. Rotanova I.N., Kharlamova N.F., Ostanin O.V. Altai climate change during the period of instrumental research. *Izv. Altaiskogo Gos. Univ.*, 2012, no. 3, pp. 105–109. (In Russ.).
6. Sukhova M.G., Garms E.O. Climatic conditions for the formation of intermontane basins and mountain-valley landscapes of Altai. *MNKO*, 2012, no. 1, pp. 315–318. (In Russ.).
7. *Spravochnik po klimatu SSSR. Temperatura vozdukh i pochvy. Chast' 1* [Reference Book on the Climate of the USSR. Air and Soil Temperature. Part 1]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1965. 20 p.
8. Syromyatina M.V., Moskalenko I.G., Chistyakov K.V. Trends in climate change in the Altai region in the context of global climate change (on the base of instrumental and dendrochronological data). *Vestn. SPbGU, Ser. 7, Geolog. Geogr.*, 2010, no. 3, pp. 82–91. (In Russ.).
9. Available at: http://www.meteo.ru.climate.sp_clim.php (accessed 07.03.2017).
10. Available at: <http://rp5.r/> (accessed 03.04.2017)