

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2021-2-138-146>

УДК 551.582.2

Оценка изменений температуры воздуха и осадков на территории Забайкалья

В.К. Смахтин

*Забайкальское управление по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды, г. Чита, Россия
cvk89@mail.ru*

В работе проанализированы многолетние колебания средней температуры воздуха и годовых сумм атмосферных осадков на территории Забайкалья. За период с 1951 по 2020 год температура воздуха возросла на 2,3 °С по данным 40 метеорологических станций. Потепление главным образом проявляется в повышении температуры воздуха в феврале, марте и апреле. В период 1955–2017 гг. уменьшение годовых сумм атмосферных осадков в бассейне Амура составило 56 мм, Енисея – 39 мм. Тренды достоверны при 5%-ном уровне значимости. В бассейне Лены в указанный период произошло увеличение годовых сумм атмосферных осадков на 7 мм, что при 5%-ном уровне значимости нельзя считать подтвержденным.

С 2017 года отмечается начало многоводной фазы. Учитывая, что две предыдущие многоводные фазы длились 16–17 лет, можно предположить, что ближайшие 13–14 лет будет сохраняться угроза выпадения атмосферных осадков выше нормы.

Ключевые слова: изменение климата, температура воздуха, атмосферные осадки, фазы водности, тренды

Assessment of changes in air temperature and precipitation in Transbaikalia

V.K. Smakhtin

*Zabaikalskoe Administration for Hydrometeorology
and Environmental Monitoring, Chita, Russia
cvk89@mail.ru*

The paper analyzes long-term fluctuations in average air temperature and annual total precipitation in Transbaikalia. Between 1951 and 2020, air temperature increased by 2.3 °C according to 40 weather stations. Warming is mainly manifested in the air temperature rise in February, March and April. From 1955 to 2017, the decrease in annual total precipitation was 56 mm in the Amur basin and 39 mm in the Yenisei basin. The trends are reliable at the 5% significance level. In the Lena basin, annual total precipitation during the mentioned period increased by 7 mm, the trend is not reliable at the 5% significance level.

The high-water phase has been observed since 2017. Taking into account that two previous high-water phases lasted 16–17 years, it may be supposed that a risk of precipitation above the normal will be kept in the next 13–14 years.

Keywords: climate change, air temperature, precipitation, phases of water content, trends

Введение

Ежегодно Росгидромет выпускает доклад об изменениях климата. Один из последних был выпущен в 2020 году и охватывает проанализированные исходные данные до 2019 года. В нем отмечено повышение приземной температуры воздуха и увеличение годовых сумм атмосферных осадков для территории Прибайкалья и Забайкалья [1].

Изменения средней годовой температуры воздуха и годовых сумм атмосферных осадков на территории Забайкалья было подробно рассмотрено в диссертации В.А. Обязова в 2014 году [3]. За период с 1975 по 2018 год отмечено увеличение числа дней с температурой выше 10 °С, преимущественно в южных и центральных районах Забайкальского края [2]. Представляется важным рассмотреть более подробно колебания климатических характеристик на территории Забайкалья по состоянию на 2021 год.

Целью работы является оценка современного изменения климата на территории Забайкалья. Для достижения цели сформированы следующие задачи:

– оценить многолетние изменения средней температуры воздуха по месяцам и за год, выявить согласованность этих изменений, определить тренды и их достоверность;

– оценить многолетние изменения годовых сумм атмосферных осадков по всей территории и по бассейнам, определить тренды и их достоверность.

Материалы и методы исследования

В работе задействованы данные о средней месячной температуре воздуха и месячных суммах атмосферных осадков из фонда данных ФГБУ «Забайкальское УГМС» за период с 1951 по 2020 год по 40 метеорологическим станциям (МС) (рис. 1). Пропущенные данные в пунктах Замакта, Тупик, Ксеньевское были восстановлены с помощью уравнения линейной регрессии по наиболее репрезентативным ближайшим метеостанциям Горячинск и Могоча. Карты распределения характеристик построены в программном комплексе «ArcGIS». Согласованность изменений исследуемых характеристик оценивалась с помощью корреляционного анализа. Тренды вычислялись методом наименьших квадратов. Оценка значимости трендов и коэффициентов корреляции выполнялась с использованием t-статистики Стьюдента при 5%-ном уровне значимости [4].

Результаты и обсуждение

Среднегодовая температура воздуха колеблется в пределах от 0,4 °С (МС Кяхта) на юге, юго-западе до -7,5 °С (МС Троицкий прииск) на севере, северо-востоке.

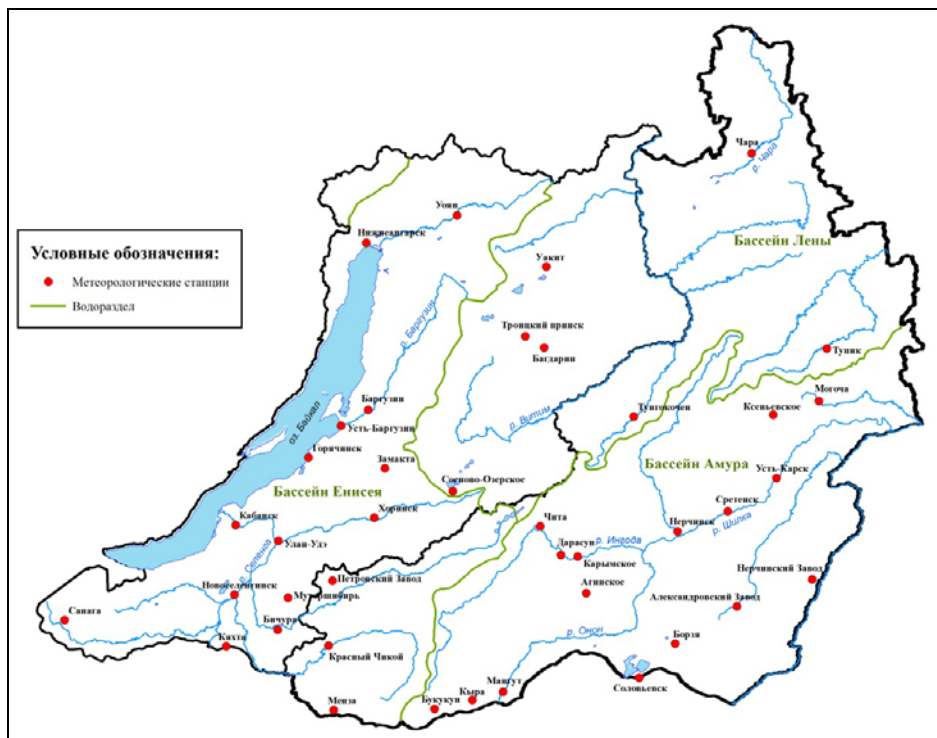


Рис. 1. Схема расположения метеорологических станций и бассейнов на территории Забайкалья.

Fig. 1. Layout of meteorological stations and basins on the territory of Transbaikalia.

Изменения среднегодовой температуры воздуха по метеорологическим станциям Забайкалья хорошо согласованы между собой. В 77 % случаев по всем МС коэффициент корреляции превышает значение 0,8. Наименьшая согласованность между другими метеостанциями отмечена по МС Горячинск. Коэффициент корреляции изменяется в пределах от 0,57 до 0,79, что в целом говорит об однородности ряда.

По метеорологическим станциям Санага и Ксеньевская коэффициенты корреляции ниже 0,8 в 63 % случаев. По МС Бичура, Менза, Могоча, Нерчинск, Новоселенгинск, Усть-Баргузин коэффициенты корреляции ниже 0,8 в 38 % случаев. По МС Красный Чикой, Кыра, Тупик, Уакит, Усть-Карск, Хоринск, Чара коэффициенты корреляции ниже 0,8 в 25 % случаев.

Исходя из этого, наименьшей согласованностью в многолетнем ходе температуры характеризуется северо-восточная часть Забайкалья, часть метеостанций, находящихся на юго-западе, а также две МС, находящиеся в непосредственной близости к оз. Байкал. Данное распределение

не согласуется с распределением по бассейнам рек, устойчивые и слабые связи есть в каждом бассейне. Средний коэффициент корреляции между рядами изменения средней годовой температуры воздуха за период с 1951 по 2020 год составил 0,84.

При оценке трендов температуры воздуха по месяцам определено, что за период с 1951 по 2020 год средняя температура февраля по 40 метеорологическим станциям Забайкалья повысилась на 4,5 °С. По сравнению с другими месяцами это повышение является максимальным. Повышение температуры воздуха в марте и апреле составило 4,1 °С и 3,4 °С соответственно. В мае и июле повышение средней температуры воздуха за последние 70 лет составило 2,1 °С, в январе и августе – 1,7 °С, сентябре – 1,6 °С. Тренды изменения средней температуры воздуха за период 1951–2020 гг. в октябре, ноябре и декабре не являются достоверными при 5%-ном уровне значимости.

Анализ трендов изменения средней годовой температуры воздуха по метеорологическим станциям Забайкалья показал, что все тренды являются достоверными при 5%-ном уровне значимости. Наибольший рост средней температуры воздуха за последние 70 лет отмечен по МС Горячинск – 5,3 °С, наименьший по МС Уакит – 1,6 °С (рис. 2).

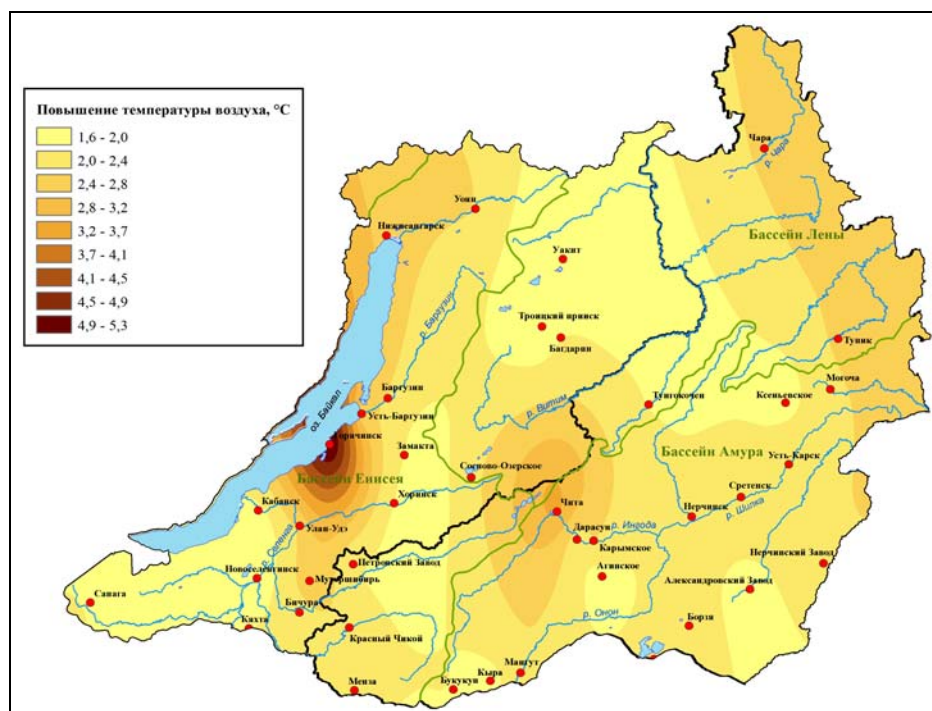


Рис. 2. Распределение повышения температуры воздуха по территории Забайкалья (1951–2020 гг.).

Fig. 2. Distribution of air temperature raising over the territory of Transbaikalia (1951–2020).

За период с 1955 по 2020 год повышение средней годовой температуры воздуха на территории Забайкалья составило 2,3 °С. Тренд достоверен при 5%-ном уровне значимости. Среднее значение ряда изменения средней температуры воздуха за период 1951–1980 гг. составило -3,5 °С, за период 1991–2020 гг. – -2,1 °С.

Средние годовые суммы атмосферных осадков изменяются в пределах от 221 мм (МС Новоселенгинск) на юго-западе до 504 мм (МС Тупик) на северо-востоке.

Колебания годовых сумм атмосферных осадков менее согласованы между собой по территории Забайкалья. Средний коэффициент корреляции между рядами изменения годовых сумм атмосферных осадков за период с 1951 по 2020 г. равен 0,28. Связь колебаний рядов атмосферных осадков в целом по территории можно считать слабо согласованной. Анализ согласованности по бассейнам показал более тесную связь. Так, в Амурском бассейне средний коэффициент корреляции равен 0,51 и изменяется в пределах от 0,18 до 0,86. Средний коэффициент корреляции в бассейне Енисея составил 0,42 ($-0,033 \leq R \leq 0,82$), в бассейне Лены 0,37 ($-0,007 \leq R \leq 0,78$).

При длине ряда в 70 лет значимым коэффициентом корреляции будет считаться коэффициент от 0,20 до 1 и от -1 до -0,20. Практически не имеет согласованности с другими метеостанциями в многолетнем колебании атмосферных осадков МС Чара, в 83 % случаев коэффициент корреляции с другими МС не значим. МС Нижнеангарск, Уоян и Санага имеют незначимые коэффициенты корреляции с другими метеостанциями в 68–73 % случаев. В 45–50 % случаев эти связи не значимы по МС Уакит, Тупик, Троицкий прииск, Соловьевск, Новоселенгинск, Кяхта, Борзя.

Таким образом, можно отметить, что не имеют согласованности либо имеют слабую связь все МС, находящиеся на севере Забайкалья, три метеостанции на юго-западе и две на юге в районе Торейских озер.

Анализ изменения осадков во времени показал, что начиная с 1955 г. по 1971 г. можно выделить период повышенных осадков (условно многоводная фаза) длиной 16 лет, а с 1971 г. начался период пониженных осадков (маловодная фаза), длившийся 10 лет. С 1981 по 1998 г. наблюдались повышенные осадки, а с 1998 по 2017 г. – пониженные. В 2017 году начался период повышенных осадков, который длится до настоящего времени (рис. 3).

На основе имеющихся данных можно сделать вывод, что для атмосферных осадков корректным будет вычислять тренды с 1955 по 2017 год, так будут затронуты две маловодные и две многоводные фазы, два полных цикла колебания водности.

Анализ достоверности трендов изменения годовых сумм атмосферных осадков за период с 1955 по 2017 год показал, что только 11 из 40 являются достоверными при 5%-ном уровне значимости. В таблице приведены данные только по достоверным изменениям.

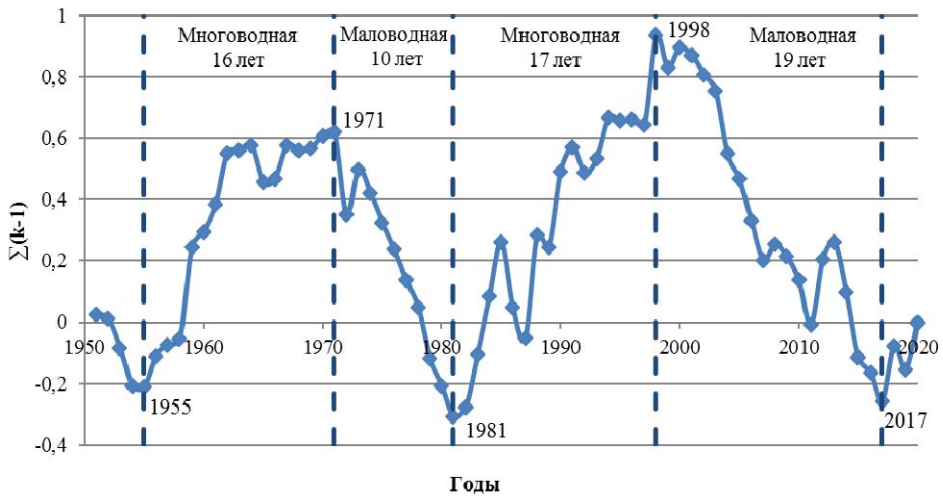


Рис. 3. Интегрально-разностная кривая изменения средних годовых сумм атмосферных осадков на территории Забайкалья.

Fig. 3. Integral-difference curve of changes in average annual amounts of atmospheric precipitation in the territory of Transbaikalia.

Таблица. Уменьшение годовых сумм атмосферных осадков за период 1955–2017 гг.

Table. Decrease in annual amounts of atmospheric precipitation for the period 1955–2017

Метеорологическая станция	Уменьшение, мм	% от среднего многолетнего
Агинское	83	23
Букукун	138	33
Горячинск	88	22
Дарасун	89	23
Замакта	100	22
Кабанск	112	31
Кыра	111	30
Мангут	119	34
Нерчинск	79	24
Новоселенгинск	59	27
Соловьевск	63	21

За период с 1955 по 2017 год уменьшение годовых сумм атмосферных осадков в Амурском бассейне составило 56 мм, Енисейском – 39 мм, тренды достоверны при 5%-ном уровне значимости (рис. 4). В бассейне Лены за период 1955–2017 гг. произошло увеличение годовых сумм атмосферных осадков на 7 мм, однако данный тренд не является достоверным.

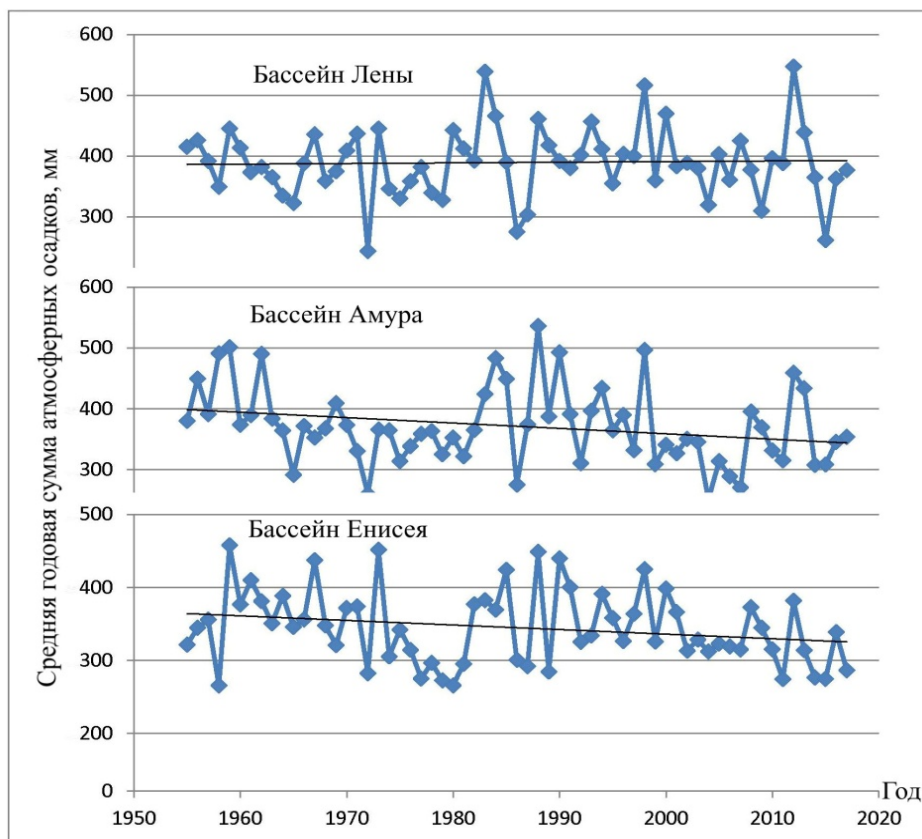


Рис. 4. Изменение средних годовых сумм атмосферных осадков по бассейнам.

Fig. 4. Change in average annual precipitation by basin.

Заключение

В завершении анализа можно сделать следующие выводы.

Изменения средней годовой температуры воздуха хорошо согласованы между собой по всей территории Забайкалья, средний коэффициент корреляции 0,84. Наименьшей согласованностью в многолетнем ходе температуры характеризуется северо-восточная часть Забайкалья, часть

метеорологических станций, находящихся на юго-западе, а также две метеостанции, находящиеся в непосредственной близости к оз. Байкал. За последние 70 лет средняя температура воздуха повысилась на 2,3 °С по данным 40 метеорологических станций. Потепление главным образом выражается в повышении температуры воздуха в феврале, марте и апреле.

Колебания годовых сумм атмосферных осадков слабо согласованы в целом по территории. В бассейнах Амура, Енисея и Лены эта связь проявляется более тесно, средние коэффициенты корреляции 0,51, 0,42 и 0,37 соответственно. Практически не имеют согласованности по суммам осадков, либо имеют слабую связь, метеостанции, находящиеся на севере, юго-западе, а также в районе Торейских озер.

За период с 1955 по 2017 год уменьшение годовых сумм атмосферных осадков в Амурском бассейне составило 56 мм, Енисейском – 39 мм, тренды достоверны при 5%-ном уровне значимости. В бассейне Лены за аналогичный период произошло увеличение годовых сумм атмосферных осадков на 7 мм, однако данный тренд не является достоверным.

За период с 1951 по 2020 год прослеживается два цикла колебания сумм осадков. В 2017 году отмечается начало периода повышенных осадков. Учитывая, что два предыдущих таких периода продлились 16–17 лет, можно предположить, что в ближайшие 13–14 лет будет сохраняться тенденция выпадения атмосферных осадков выше нормы.

Список литературы

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. М.: Росгидромет, 2020. 97 с.
3. Обязов В.А. Изменения современного климата и оценка их последствий для природных и природно-антропогенных систем Забайкалья: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Казань: Казан. (Приволж.) федер. ун-т, 2014. 39 с.
2. Носкова Е.В., Вахнина И.Л., Рахманова Н.В. Суммы активных температур воздуха (выше 10 °С) на территории Забайкальского края // Успехи современного естествознания. 2019. № 11. С. 148-153.
4. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации: учебник. СПб.: Из-во. РГГМУ, 2007. 279 с.

References

1. Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2019 god. [A report on Climate features on the territory of the Russian Federation in 2019] Moscow, Roshydromet, 2020, 97 p. [in Russ.].
2. *Obyazov V.A.* Izmeneniya sovremennogo klimata i otsenka ih posledstviy dlya prirodnyh i prirodno-antropogennyh sistem Zabaykal'ya: Avtoref. dis. ... dokt. geogr. nauk. [Extended Abstract of dissertation of the Candidate of Geographical sciences] Kazan', Kazan Federal University, 2014, 39 p. [in Russ.].

3. Noskova E.V., Vakhnina I.L., Rakhmanova N.V. Amounts of active air temperatures (above 10 °C) in the territory of Trans-Baikal territory. *Uspekhi sovremenogo estestvoznaniya [Advances in current natural sciences]*. 2019, no. 11, pp. 148-153. [in Russ.].

4. Sikan A.V. *Metody statisticheskoy obrabotki gidrometeorologicheskoy informatsii: uchebnik*. Saint Petersburg, RGGMU publ., 2007, 279 p. [in Russ.].

*Поступила 03.03.2021; одобрена после рецензирования 25.05.2021;
принята в печать 21.06.2021.*

*Submitted 03.03.2021; approved after reviewing 25.05.2021;
accepted for publication 21.06.2021.*