

УДК 517+551.5+551.3

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕНДЕНЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ КЛИМАТА В ВЫСОКОГОРЬЕ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕСИИ С 1959 ПО 2017 ГГ.

Е. А. Корчагина

Центр географических исследований Кабардино-Балкарского научного центра РАН,
360002, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

E-mail: helena.a.k@mail.ru

Для определения тенденций динамики рядов элементов климата использованы методы математико-статистического моделирования. Степень полноты устойчивости выделенных тенденций оценивалась с помощью коэффициента корреляции рангов Ч. Спирмэна. Получено, что в динамике средних сезонных сумм атмосферных осадков и приземной температуры воздуха в высокогорной зоне КЧР статистически значимы только тенденции повышения летней температуры за период 1959-2017 гг., а также летней и годовой температуры воздуха за период 1976-2017 гг. Степень полноты устойчивости выделенных тенденций умеренная.

Ключевые слова: математико-статистическое моделирование, приземная температура воздуха, атмосферные осадки, опасные природные процессы.

© Корчагина Е. А., 2018

Введение

Высокогорный рельеф, занимающий значительную часть территории республик Северного Кавказа, оказывает влияние как на климат территориальных систем, так и на формирование опасных природных явлений, обычный перечень которых здесь пополняется склоновыми процессами. Изменение климата, со своей стороны, влияет на активность экзогенных процессов. Большое число ливней высокой интенсивности, изменение максимальных и средних значений температуры воздуха, сроки перехода температуры через определенные рубежи влияют на частоту проявления таких явлений как сели, оползни, лавины.

В связи с этим оценка климатических изменений горных территорий Северного Кавказа не теряет своей актуальности и является частью комплексного исследования подверженности геосистем совокупности опасных экзогенных процессов на основе геоинформационной методологии оценки природной опасности [1, 2].

Целью работы является определение тенденций в динамике таких климатических элементов как средние годовые и средние сезонные значения приземной температуры воздуха и сумм атмосферных осадков в горной зоне Карачаево-Черкесской Республики и исследование их устойчивости.

Динамика таких элементов климата как средние сезонные и годовые значения приземной температуры воздуха и сумм атмосферных осадков в горных районах Северного Кавказа имеет приложение в вопросах изменения баланса массы ледников [3], таяние которых причастно к формированию гляциальных селей и паводков, в связи с вопросами гидрологии [4] и др.

Материалы

Информация об изменении климата доступна благодаря наличию высокогорных метеорологических станций на территории исследуемого региона. В работе использованы результаты статистической обработки метеоданных станции Клухорский перевал (2037 н. у. м., Карачаево-Черкесская Республика). Данные доступны на сайте Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации [5].

Методы исследования

Для моделирования локальных изменений климата используются математико-статистические модели. Поведение параметров климата во времени чаще всего описывают действием полиномиального тренда, периодических и непериодических циклов, случайной составляющей [6]. При исследовании поведения элементов климата за периоды от нескольких десятков до ста лет наиболее востребованной информацией стало наличие и величина линейного тренда [7]

$$y = b * t + a \quad (1)$$

где y – элемент климата, t – время (обычно год или 10-летие), b – скорость изменения исследуемого параметра. Именно линейный тренд несет информацию об общем направлении изменений и дает оценку их скорости.

Устранение неоднородности рядов приземной температуры воздуха до 1966 г. осуществлено приведением уровней ряда за 1959-1965 гг. к средним за 24 часа значениям по измерениям ближайшей метеостанции (подробнее в [8, 9]).

Построение линейных трендов исследуемых рядов проводилось методами регрессионного анализа. Проверка исследуемых данных на наличие предпосылок применения регрессионной модели (соответствие гипотезе о нормальном распределении с использованием критерия К. Пирсона при 5%-ном уровне значимости, отсутствие гетероскедастичности и автокорреляции остатков) показала возможность применения данного метода для исследуемых рядов. Исключение составили ряды летних уровней температуры, для которых отвергается гипотеза о распределении по нормальному закону. Как отмечают авторы [10], на практике эта предпосылка выполняется приближенно, но и тогда метод наименьших квадратов дает неплохие результаты.

Для проверки устойчивости трендов в рядах элементов климата в Северо - Кавказском регионе в работах [11, 12] предложено использовать фрактальный анализ (R/S -анализ). Исследования показывают, что для таких коротких рядов значения показателя Херста получаются сильно завышенными [13]. Проверка значимости полученных оценок - один из важных вопросов фрактальной статистики, но ему в исследованиях устойчивости трендов в климатических рядах не уделено внимание.

Наряду со значимостью выделенных тенденций практическое применение имеет информация о степени устойчивости трендов временного ряда. В настоящей работе понятие устойчивости рассматривается в аспекте сохранения направленности изменений уровней динамического ряда.

Т.к. не все ряды удовлетворяют нормальному закону распределения, желательно дополнить анализ проверкой устойчивости выделенных трендов непараметрическим методом. В качестве такого метода в [10] предложено использовать коэффициент корреляции рангов Ч. Спирмэна как показатель устойчивости тенденции динамического ряда. Ограничением применения метода является наличие большого числа (более 5 не рекомендовано) связанных рангов (среди значений признаков встречаются несколько одинаковых).

Расчеты показали, что в исследуемых рядах сумм атмосферных осадков связанные ранги отсутствуют, что позволяет использовать формулу для коэффициента корреляции рангов Ч. Спирмэна (Spearman):

$$r_S = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n^3 - n} \quad (2)$$

Среди значений уровней ряда приземной температуры воздуха обнаруживаются одинаковые значения (связанные ранги), поэтому к ним применяется формула вида:

$$r_S = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n \Delta_i^2 - A}{\sqrt{(n^3 - n)(n^3 - n - A)}} \quad (3)$$

где n – число уровней; Δ_i – разность рангов уровней и номеров периодов времени; A – вычисляется по формуле

$$A = \frac{1}{12} \sum_j (A_j^2 - A_j) \quad (4)$$

где j – номер связей по порядку, A_j – число одинаковых рангов в j -ой связке.

Таким образом, поставленная цель достигалась путем решения следующих задач: построение статистической модели линейного тренда тенденции динамики рядов элементов климата; проверка статистической гипотезы о случайном отличии от нуля коэффициента уравнения линейной регрессии; определение степени полноты устойчивости выделенных трендов непараметрическим методом корреляции рангов.

Результаты и обсуждение

Атмосферные осадки. Результаты расчетов некоторых характеристик выделенных трендов и показателей силы колебаний представлены в таблице 1. Здесь b – коэффициент линейной регрессии в уравнении 1, мм/мес./10 лет, $d, \%$ – доля дисперсии, объясняемой трендом, $s(t)$ – среднее квадратическое отклонение уровней от тренда, $v(t)$ – коэффициент колеблемости [10].

Таблица 1

Характеристики динамики средних сезонных сумм атмосферных осадков за 1960-2017 гг. по данным метеостанции Клухорский перевал

Сезон	Характеристики тренда		Показатели силы колебаний	
	$b, \text{мм/мес./10 лет}$	$d, \%$	$s(t)$	$v(t)$
Год	1.0	0	23.59	0.16
Весна	2.6	1	37.53	0.25
Лето	-1.9	1	32.06	0.23
Осень	9.9	6	64.13	0.36
Зима	-6.7	5	50.90	0.38

Как видно из результатов расчетов, представленных в таблице 1, направления изменения рядов осадков различны для сезонов: зимние и летние осадки имеют тенденцию к снижению, а в межсезонье – к повышению. Среднегодовые ряды в итоге имеют положительную тенденцию.

Для решения задачи проверки статистической гипотезы о случайном отличии от нуля полученных оценок параметров уравнения регрессии ($H_0 : b = 0$) рассчитаны фактические и критические значения t -критерия Стьюдента. Пороговое значение для вероятности ошибки отклонения нулевой гипотезы (уровень значимости α) принято равным 0.05.

По результатам проверки нулевая гипотеза не отклоняется для всех пяти рядов динамики. Отличие оценок линейного тренда от нуля определено как случайное. При этом ряд уровней сумм осадков за осенний сезон ($b_{\text{осень}} = 9.9$ мм/мес./10 лет) имеет p -значение (вероятность ошибки при отклонении нулевой гипотезы), близкое к заданному уровню значимости α ($p_{\text{осень}} = 0.056$), поэтому здесь оценку нельзя считать надежной.

Колеблемость значений уровней атмосферных осадков в горной зоне КЧР высокая (более 30 %) в полугодие осень-зима и достигает максимального значения в зимний сезон ($v(t)_{\text{зима}} = 0.38$). В полугодие весна-лето колеблемость умеренная (23-25 %). Для сравнения, уровни атмосферных осадков степной зоны КБР отличаются высокой

колеблемостью во все календарные сезоны, а ее максимальное значение приходится на осень [14]. Наименьшую силу колебаний атмосферных осадков в горной зоне КЧР имеют их среднегодовые уровни. Здесь колеблемость умеренная ($v(t)_{\text{год}} = 0.16$).

Исследование устойчивости выделенных тенденций динамики сумм атмосферных осадков воздуха за период 1960-2017 гг. проведено с использованием непараметрического метода корреляции рангов Ч. Спирмэна по формуле 2. Проведены тесты на их статистическую значимость с использованием t-критерия Стьюдента, дана качественная характеристика степени полноты устойчивости по шкале Чеддока. Результаты расчета приведены в таблице 2. Здесь r_S - коэффициент корреляции рангов Ч. Спирмэна.

Таблица 2

Значения коэффициента корреляции Ч. Спирмэна для рядов сумм атмосферных осадков за 1960-2017 гг. и 1976-2017 гг., Клухорский перевал

Сезон	r_S	Качественная оценка по шкале Чеддока	r_S	Качественная оценка по шкале Чеддока
		1960-2017 гг.		1976-2017 гг.
Год	0.08	слабая, прямая	0.05	слабая, прямая
Весна	0.1	слабая, прямая	0.19	слабая, прямая
Лето	-0.13	слабая, обратная	-0.14	слабая, обратная
Осень	0.24	слабая, прямая	0.07	слабая, прямая
Зима	-0.20	слабая, обратная	-0.07	слабая, обратная

Положительную тенденцию имеют сезоны год ($r_S = 0.06$), весна ($r_S = 0.11$), осень ($r_S = 0.2$). Тенденцию к понижению имеют ряды сумм осадков, осредненных за летние ($r_S = -0.21$) и зимние месяцы ($r_S = -0.2$).

Степень полноты устойчивости тенденции определяется как слабая ($r_S < 0.3$) для всех сезонов и года. Проверка гипотезы о существенности корреляционной связи ($H_0 : r_S = 0$) приводит к тому, что статистическая значимость коэффициентов корреляции Ч. Спирмэна на уровне 0.05 для всех исследуемых рядов сумм атмосферных осадков не подтверждается.

Аналогичное исследование было проведено для рядов осадков за так называемый период интенсивного глобального потепления 1976-2017 гг. [7]. Результат представлен в таблице 2. Несмотря на количественные изменения значений трендов в меньшую сторону, картина качественно не изменилась: направления трендов, оценка степени полноты их устойчивости и статистическая значимость полностью соответствуют периоду 1960-2017 гг.

Приземная температура воздуха. Исследование проводилось по вышеизложенной схеме. Результаты приведены в таблице 3. Обозначения аналогичны таблице 1.

Направление тренда совпадает для всех сезонов, кроме зимнего ($b_{\text{зима}} = 0.06^\circ\text{C} / \text{мес.} / 10 \text{ лет}$). Испытание нулевой гипотезы при $\alpha = 0.05$ с использованием t-критерия Стьюдента дает основание отклонить нулевую гипотезу для летнего тренда. $b_{\text{лето}} = 0.32^\circ\text{C} / \text{мес.} / 10 \text{ лет}$ значим на заданном уровне ($p\text{-значение} < 0,0001$). Для остальных рядов нулевая гипотеза не отклоняется.

Колеблемость значений уровней приземной температуры воздуха в горной зоне КЧР высокая (более 25 %) в полугодие зима-весна и достигает максимального

Таблица 3

Характеристики динамики средней годовой и сезонной температуры воздуха за 1959-2017 гг. по данным метеостанции Клухорский перевал

Сезон	Характеристики тренда		Показатели силы колебаний	
	$b, ^\circ\text{C}/\text{мес.}/10 \text{ лет}$	$d, \%$	$s(t)$	$v(t)$
Год	0.08	3	0.70	0.18
Весна	0.006	0	1.15	0.40
Лето	0.32	29	1.58	0.13
Осень	0,04	0	1,13	0,22
Зима	-0.06	0	1.52	0.35

значения в весенний сезон ($v(t)_{\text{весна}} = 0.4$). В полугодие лето-осень колеблемость умеренная (13-22 %). Для сравнения, колеблемость уровней средней сезонной температуры воздуха степной зоны КБР слабая (до 10 %) во все календарные сезоны, кроме зимнего, на который приходится ее максимальное значение (28 %). Наименьшую силу колебаний температуры воздуха в высокогорной зоне КЧР, как и в степных районах Кабардино-Балкарии, имеют летние уровни. Здесь колеблемость умеренная ($v(t)_{\text{лет}} = 0.13$).

Для исследования устойчивости выявленных тенденций изменения средней сезонной приземной температуры воздуха на этапе 1959-2017 гг. и 1976-2017 гг. рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмэна для исследуемых временных рядов по формулам 3 и 4 и проведены тесты на их статистическую значимость. Некоторые результаты исследования приведены в таблице 4.

Таблица 4

Значения коэффициента корреляции Ч. Спирмена для рядов температуры воздуха за 1959-2017 гг. и 1976-2017 гг., Клухорский перевал

Сезон	r_S	Качественная оценка	r_S	Качественная оценка
		по шкале Чеддока		по шкале Чеддока
		1960-2017 гг.		1976-2017 гг.
Год	0.20	слабая, прямая	0,37	умеренная, прямая
Весна	0.012	слабая, прямая	0,15	слабая, прямая
Лето	0.48	умеренная, прямая	0,44	умеренная, прямая
Осень	0.10	слабая, прямая	0,22	слабая, прямая
Зима	-0.03	слабая, обратная	0,18	слабая, прямая

За период доступных данных измерений на метеостанции Клухорский перевал 1959-2017 гг. обнаруживается тенденция роста температуры воздуха в сезоны весна, лето, осень и год. Зимние температуры показывают отрицательную динамику.

Результаты проверки гипотезы о существенности корреляционной связи ($H_0 : r_S = 0$) позволяют принять нулевую гипотезу на уровне значимости 0.05 для всех сезонных рядов, кроме летнего. Для него нулевая гипотеза отклоняется, связь признается существенной, статистически значимой.

Аналогичное исследование, проведенное за период интенсивного глобального потепления 1976-2017 гг., показывает, что все сезонные значения температуры воздуха проявляют тенденцию роста. Нулевая гипотеза отклоняется для средних годовых и летних уровней температуры воздуха. Для них связь признается статистически значимой на уровне 0.05, степень полноты устойчивости умеренная ($0.3 < r_s < 0.5$).

Заключение

Информация, полученная методом корреляции рангов Ч. Спирмэна, дает возможность оценить степень полноты устойчивости тенденций динамики элементов климата, дополняет результаты регрессионного анализа и не входит с ними в противоречие в случае с исследованными рядами.

В результате применения изложенного метода можно сделать следующие выводы.

Для средних годовых и сезонных сумм атмосферных осадков в высокогорной зоне КЧР за периоды 1960-2017 гг. и 1976-2017 гг. статистически значимых тенденций в динамике не обнаружено. Степень полноты устойчивости выделенных трендов определяется как слабая.

Для рядов динамики средних годовых и сезонных значений приземной температуры воздуха в исследуемом районе статистически значимой является тенденция повышения летней температуры за период 1959-2017 гг., а также летней и годовой температуры воздуха за период 1976-2017 гг. Степень полноты устойчивости умеренная. Остальные тренды статистически незначимы на уровне 0.05, степень полноты устойчивости слабая.

Список литературы

- [1] Марченко П. Е., “Дифференцированные интегральные оценки подверженности геосистем опасным экзогенным процессам (на примере Кабардино-Балкарской Республики)”, *Геология и геофизика Юга России*, 2015, № 1, 35–41. [Marchenko P. E., “Differencirovannye integral’nye ocenki podverzhennosti geosistem opasnym ehkzogennym processam (na primere Kabardino-Balkarskoj Respubliki)”, *Geologiya i geofizika YUGa Rossii*, 2015, № 1, 35–41].
- [2] Kyul E. V., Apazhev A. K., Kudzaev A. B., Borisova N. A., “Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards”, *Indian journal of ecology*, **44**:2 (2017), 217–220.
- [3] Shahgedanova M., Nosenko G., Kutuzov S., Rototaeva O., Khromova T., “Deglaciation of the Caucasus Mountains, Russia/Georgia, in the 21st century observed with ASTER satellite imagery and aerial photography”, *The Cryosphere*, **8** (2014), 2367–2379.
- [4] Lur’e P. M., Panov V. D., “Problems of exploration level of hydrometeorological regime of the Northern Caucasus territory”, *Russian Meteorology and Hydrology*, **36** (2011), 273–278.
- [5] Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Коршунова Н. Н., Швец Н. В., *Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России*, Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394 <http://meteo.ru/data/158-total-precipitation> (дата обращения: 15.08.2017). [Bulygina O. N., Razuvaev V. N., Korshunova N. N., SHvec N. V., *Opisanie massiva dannyh mesyachnyh summ osadkov na stanciyah Rossii*, Svidetel’stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh № 2015620394 <http://meteo.ru/data/158-total-precipitation> (data obrashcheniya: 15.08.2017)].

- [6] Голяндина Н. Э., *Метод «Гусеница SSA»: анализ временных рядов*, СПб., 2004, 50 с. [Golyandina N. E., *Metod «Gusenica SSA»: analiz vremennyh ryadov*, SPb., 2004, 50 pp.]
- [7] *Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации в 2017 г.*, Росгидромет, Москва, 2018, 69 с. [*Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii v 2017 g.*, Rosgidromet, Moskva, 2018, 69 pp.]
- [8] Кобышева Н. В., Наровлянский Г. Я., *Климатологическая обработка метеорологической информации*, Гидрометиздат, Ленинград, 1978, 296 с. [Kobysheva N. V., Narovlyanskij G. YA., *Klimatologicheskaya obrabotka meteorologicheskoy informacii*, Gidrometizdat, Leningrad, 1978, 296 pp.]
- [9] Корчагина Е. А., “Исследование температурного режима в высокогорье Карачаево-Черкесской Республики с 1951-го по 2016 гг.”, *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*, 2017, № 6(80), 73-81. [Korchagina E. A., “Issledovanie temperaturnogo rezhima v vysokogor’e Karachaevo-Cherkesskoj Respubliki s 1951-go po 2016 gg.”, *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN*, 2017, № 6(80), 73-81].
- [10] Афанасьев В. Н., Юзбашев М. М., *Анализ временных рядов и прогнозирование*, Финансы и статистика, Москва, 2012, 320 с. [Афанасьев В. Н., Юзбашев М. М., *Анализ временных рядов и прогнозирование*, Финансы и статистика, Москва, 2012, 320 pp.]
- [11] Пшихачева И. Н., *Сравнительный комплексный анализ и прогноз режима осадков в различных климатических зонах юга России*, дис. канд. физ.-мат. наук, ФГБУ “Высокогорный геофизический ин-т”, Нальчик, 2014, 213 с. [Pshihacheva I. N., *Sravnitel’nyj kompleksnyj analiz i prognoz rezhima osadkov v razlichnyh klimaticheskikh zonah yuga Rossii*, dis. kand. fiz.-mat. nauk, FGBU “Vysokogornyj geofizicheskij in-t”, Nal’chik, 2014, 213 pp.]
- [12] Кешева Л. А., *Математико-статистический анализ изменений режима осадков холодного периода в различных климатических зонах юга ЕТР и его прогноз методом сингулярно-спектрального анализа*, автореферат дис. . . кандидата физико-математических наук, ФГБУ “Высокогорный геофизический ин-т”, Нальчик, 2016, 22 с. [Kesheva L. A., *Matematiko-statisticheskij analiz izmenenij rezhima osadkov holodnogo perioda v razlichnyh klimaticheskikh zonah yuga ETR i ego prognoz metodom singulyarno-spektral’nogo analiza: avtoreferat dis. . . kandidata fiziko-matematicheskikh nauk*, FGBU “Vysokogornyj geofizicheskij in-t”, Nal’chik, 2016, 22 pp.]
- [13] Peters E. E., *Fractal Market analysis. Applying chaos theory to investment & economics*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997, 315 pp.
- [14] Корчагина Е. А., “Исследование динамики приземной температуры воздуха в равнинной части Кабардино-Балкарской Республики с 1961 по 2015 гг.”, *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*, 2016, № 6(74), 114-120. [“Issledovanie dinamiki prizemnoj temperatury vozduha v ravninnoj chasti Kabardino-Balkarskoj Respubliki s 1961 po 2015 gg.”, *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN*, 2016, № 6(74), 114-120].

Список литературы (ГОСТ)

- [1] Марченко П. Е. Дифференцированные интегральные оценки подверженности геосистем опасным экзогенным процессам (на примере Кабардино-Балкарской Республики) // Геология и геофизика Юга России. 2015. №1. С. 35–41.
- [2] Kyul E. V., Apazhev A. K., Kudzaev A. B., Borisova N. A. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards // Indian journal of ecology. 2017. vol. 44. no. 2. pp. 217–220.
- [3] Shahgedanova M., Nosenko G., Kutuzov S., Rototaeva O., Khromova T. Deglaciation of the Caucasus Mountains, Russia/Georgia, in the 21st century observed with ASTER satellite imagery and aerial photography // The Cryosphere. 2014. vol. 8. pp. 2367–2379.
- [4] Lur’e P. M., Panov V. D. Problems of exploration level of hydrometeorological regime of the Northern Caucasus territory // Russian Meteorology and Hydrology. 2011. vol. 36. pp. 273–278.

- [5] Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Коршунова Н. Н., Швец Н. В. Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394 <http://meteo.ru/data/158-total-precipitation> (дата обращения: 15.08.2017).
- [6] Голяндина Н. Э. Метод «Гусеница SSA»: анализ временных рядов СПб.: 2004. 50 с.
- [7] Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации в 2017 г. М.: Росгидромет, 2018. 69 с.
- [8] Кобышева Н. В., Наровлянский Г. Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. Ленинград: Гидрометиздат, 1978. 296 с.
- [9] Корчагина Е. А. Исследование температурного режима в высокогорье Карачаево-Черкесской Республики с 1951-го по 2016 гг. // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2017. 6(80). С. 73-81.
- [10] Афанасьев В. Н., Юзбашев М. М. Анализ временных рядов и прогнозирование. М.: Финансы и статистика, 2012. 320 с.
- [11] Пшихачева И. Н. Сравнительный комплексный анализ и прогноз режима осадков в различных климатических зонах юга России. дис. канд. физ.-мат. наук. Нальчик: ФГБУ "Высокогорный геофизический ин-т 2014. 213 с.
- [12] Кешева Л. А. Математико-статистический анализ изменений режима осадков холодного периода в различных климатических зонах юга ЕТР и его прогноз методом сингулярно-спектрального анализа. Автореферат дис. . . кандидата физико-математических наук. Нальчик: ФГБУ "Высокогорный геофизический ин-т 2016. 22 с.
- [13] Peters E. E. Fractal Market analysis. Applying chaos theory to investment & economics. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1997. 315 с.
- [14] Корчагина Е. А. Исследование динамики приземной температуры воздуха в равнинной части Кабардино-Балкарской Республики с 1961 по 2015 гг. // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2016. №6(74). С. 114-120.

Для цитирования: Корчагина Е. А. Исследование устойчивости тенденций элементов климата в высокогорье Карачаево-Черкесии с 1959 по 2017 гг. // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки.* 2018. № 3(23). С. 106-115. DOI: 10.18454/2079-6641-2018-23-3-106-115

For citation: Korchagina E. A. The research on stability of tendencies of climate elements in the highlands of Karachay-Cherkessia from 1959 to 2017, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki.* 2018, **23**: 3, 106-115. DOI: 10.18454/2079-6641-2018-23-3-106-115

Поступила в редакцию / Original article submitted: 08.06.2018

DOI: 10.18454/2079-6641-2018-23-3-106-115

MSC 86A10

THE RESEARCH ON STABILITY OF TENDENCIES OF CLIMATE ELEMENTS IN THE HIGHLANDS OF KARACHAY-CHERKESSIA FROM 1959 TO 2017

E. A. Korchagina

Kabardino-Balkarian scientific center of the Russian Academy of Sciences, 360002,
Nalchik,

Balkarova st., 2, Russia

E-mail: helena.a.k@mail.ru

The methods of statistical modeling are used to define the tendencies of climate elements dynamics. Degree of stability completeness of the tendencies was estimated by means of coefficient of ranks correlation of Ch. Spearman. It is received that in dynamics of the average annual and seasonal sums of an atmospheric precipitation and air temperature in mountain zone KChR the tendency of increase in summer temperature during 1959-2017 and also summer and annual air temperature during 1976-2017 are statistically significant. Degree of stability completeness is moderate.

Key words: mathematical and statistical modeling, precipitation, surface air temperature, dangerous natural processes.

© Korchagina E. A., 2018