

УДК 504.38:551.583(470.631)

**ТЕНДЕНЦИИ ДИНАМИКИ КЛИМАТА  
НА ТЕРРИТОРИИ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКИ****Дега Н.С., Узденова Х.И.***ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева»,  
Карачаевск, e-mail: kcsu@mail.ru*

Цель исследования заключается в выявлении тенденций изменения метеорологических показателей, отражающих характер потепления климата на территории Карачаево-Черкесской Республики. Методы сбора метеорологической информации осуществлялись согласно Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам по второму разряду. Созданы электронные банки данных мониторинговых рядов метеорологических показателей (по температуре воздуха, осадкам, относительной влажности воздуха и т.д.) за 45-летний период (1972–2016 гг.). В статье представлен анализ динамики климатических показателей четырех зон. Умеренно холодный климат высокогорной зоны характеризовался увеличениями среднегодовой температуры воздуха на 2,1 °С и количества жидких атмосферных осадков на 20 мм. В высокогорной зоне в связи с увеличением температуры воздуха наблюдается деградация современного оледенения. Для умеренно влажного климата среднегорий характерно повышение среднегодовой температуры на 1,8 °С и количества атмосферных осадков на 100 мм. В климатической зоне низкогорий с 1972 по 2016 г. наблюдалось увеличение среднегодовой температуры воздуха и суммы атмосферных осадков, особенно в весенний период. Равнинно-степные районы республики также характеризуются потеплением климата, которое проявляется увеличением суммы атмосферных осадков на 32,8 мм и среднегодовой температуры воздуха на 1,9 °С. Наиболее влагообеспечен весенний и осенний периоды. Таким образом, на территории Карачаево-Черкесии наблюдается потепление климата, за 45-летний период (1972–2016 гг.), увеличение среднегодовой температуры воздуха составило 1,7 °С, за последние десять лет она увеличилась на 0,3 °С. Увеличение количества жидких атмосферных осадков составило 33,9 мм/год, а вот количество твердых осадков в горных районах республики в холодный период имеет тенденцию к сокращению. Общая климатическая ситуация, находящаяся под влиянием глобальных процессов и хозяйственной деятельности, изменяется быстрее и носит ярко выраженные региональные особенности.

**Ключевые слова:** потепление климат, температура воздуха, атмосферные осадки, климатические зоны, сезоны года, геоинформационные модели теплообеспеченности и влагообеспеченности

**TENDENCIES OF CLIMATE DYNAMICS AT THE TERRITORY  
OF THE KARACHAY-CHERKESS REPUBLIC****Dega N.S., Uzdenova Kh.I.***Karachay-Cherkess State University of name U.D. Alieva, Karachaevesk, e-mail: kcsu@mail.ru*

The research objective consists in identification of trends of change of the meteorological indexes reflecting the nature of warming of climate in the territory Karachay-Cherkess Republic. Methods of collecting meteorological information were carried out according to Manual to hydrometeorological stations and posts by the second category. Electronic databanks of monitoring ranks of meteorological indexes (to air temperature, settlements, relative air humidity etc) for the 45th summer period (1972–2016) are created. The analysis of dynamics of climatic indexes of four zones is presented in article. The moderate frigid climate of a mountain zone was characterized by increases in average annual air temperature by 2.1 °C and quantities of a liquid atmospheric precipitation by 20 mm. In a mountain zone in connection with increase in air temperature degradation of the modern freezing is observed. Increase in average annual temperature on 1.8 °C and quantities of an atmospheric precipitation on 100 mm is characteristic of a moderate humid climate of middle mountains. In the climatic zone of nizkogoriya from 1972 to 2016 increase in average annual air temperature and sum of an atmospheric precipitation, especially during the spring period was observed. Flat and steppe areas of the republic are also characterized by warming of climate which is shown by increase in the sum of an atmospheric precipitation by 32.8 mm and average annual air temperature on 1.9 °C. Most влагообеспечен spring and autumn periods. Thus, in the territory of Karachay-Cherkessia warming of climate is observed, for the 45th summer period (1972–2016) increase in average annual air temperature was 1.7 °C, for the last ten years it increased 0.3 °C. Increase in quantity of a liquid atmospheric precipitation was 33.9 mm/year, and here the quantity of firm rainfall in mountainous areas of the republic during the cold period tends to reduction. The general climatic situation which is under the influence of global processes and economic activity changes quicker and carries pronounced regional features.

**Keywords:** warming climate, air temperature, atmospheric precipitation, climatic zones, seasons of year, geoinformation models of heatsecurity and moisture security

Карачаево-Черкесская Республика – типично горный регион, в климатическом отношении северная ее часть расположена в Атлантико-континентальной степной зоне умеренного пояса, а от высоты 700–800 м до 4000 и выше простирается Северо-Кавказская горная климатическая область [1].

К основным факторам формирования и преобразования климата республики можно отнести: радиационный режим, циркуляцию воздушных масс в подстилающей поверхности и рельеф, который представлен сложной системой разновысотных хребтов и долин со значительными изменениями

абсолютных и относительных высотных отметок. В высокогорной зоне большое влияние на преобразование климата оказывает наличие современного оледенения и постоянного снежного покрова [2].

В ряде публикаций многих авторов приводится характеристика отдельных элементов климата, даются сведения о климатических условиях среднегорных и высокогорных районов [3, 4]. В монографии П.М. Лурье с авторским коллективом [1] довольно детально характеризуется динамика климата республики до 2005 г. и приводится прогноз изменения гидротермических показателей на ближайшие 50 лет. В работах Н.С. Дега и В.В. Онищенко [5, 6] приводится оценка изменения климатических показателей с 1972 по 2006 г. и дается анализ динамики изменения компонентов ландшафта республики в условиях меняющегося климата. В данной работе приводится анализ элементов климата республики за 45-летний период (1972–2016 гг.), для оценки тенденций изменения климата и выявления причин его трансформации.

Цель исследования: выявление тенденций изменения метеорологических показателей, отражающих характер потепления климата на территории Карачаево-Черкесской Республики.

#### **Материалы и методы исследования**

Для анализа динамики климата республики мы использовали мониторинговые ряды метеорологических показателей (температуры воздуха, осадков и др.) за 45-летний период. Материалы взяты из выпусков (1972–2016 гг.) «Летописей природы Тебердинского государственного природного биосферного заповедника», «Справочников по климату» и метеорологических таблиц метеопостов КЧР. В рамках экспедиционных исследований проводились метеорологические, снеголавинные и гляциологические наблюдения в горных и высокогорных районах совместно с Северо-Кавказским УГМС.

Методы сбора метеорологической информации осуществлялись согласно Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам [7] по второму разряду. На основании фондового и экспедиционного материала созданы многолетние (1972–2016 гг.) электронные банки данных по метеорологическим показателям (температуре воздуха, осадкам, относительной влажности воздуха и т.д.).

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Рельеф республики разнообразен и представлен разновысотными хребтами, это Лесистый, Пастбищный, Скалистый, Боковой и Главный Кавказский, которые разделяют территорию на многочисленные районы с местным характером климата и создают ярко выраженную климатическую зональность. Северный склон Западного Кавказа разделяется на разновысотные сегменты – равнинный, предгорный, горный. Равнины до высоты 800 м над уровнем моря занимают небольшую территорию на севере республики и к ним приурочен умеренно-континентальный климат равнинно-степной зоны. Зона низкогорий или предгорий занимает территорию Абазинского, Хабезского, Усть-Джегутинского, Урупского, Малокарачаевского и частично Карачаевского и Зеленчукского районов. В пределах данной территории возвышаются два орографических объекта – Пастбищный и Скалистый хребты. От высотных отметок 800–1200 м формируется умеренно теплый климат низкогорной зоны. Горная зона самая обширная, включает всю восточную часть Скалистого, Боковой и Главный Кавказский хребты. В этой высотной зональности выделяют две климатические зоны: от 1200 до 2000 м над уровнем моря преобладает умеренно влажный климат среднегорной зоны и выше 2000 м над уровнем моря умеренно холодный климат высокогорной зоны [8].

Анализ динамики климата на территории Карачаево-Черкесии проводился авторами по мониторинговым материалам стационарных метеостанций республики: «Клухорский Перевал», «Шаджатмаз», «Теберда», «Архыз», «Зеленчукская», «Черкесск».

Для характеристики изменений климата в высокогорной зоне использовались мониторинговые данные метеостанций «Шаджатмаз» и «Клухорский Перевал». Используя мониторинговые данные наблюдений, были построены графики и тренды годового цикла изменения температуры воздуха по среднегодовым многолетним показателям с 1972 по 2016 г.

На основании мониторинговых данных наблюдений мы построили графические модели теплообеспеченности за 45-летний период. На обеих метеостанциях за исследуемый период на протяжении всех сезонов года наблюдается повышение среднегодовой температуры воздуха. На м/с «Шаджатмаз» она повысилась на 2,3 °С, на м/с «Клухорский Перевал» на 1,0 °С. Среднесезонная

температура воздуха зимой повысилась на  $2,6^{\circ}\text{C}$ , весной на  $3,4^{\circ}\text{C}$ , летом на  $2,5^{\circ}\text{C}$  и зимой на  $1,5^{\circ}\text{C}$ . Среднесезонная температура воздуха на м/с «Клухорский Перевал» имела положительные тренды в зимний и летний периоды и повысилась на  $1,4^{\circ}\text{C}$ , весной и осенью повышение составило  $1,0^{\circ}\text{C}$ .

Тренды абсолютных максимумов и минимумов температуры воздуха также имели положительные тренды. На м/с «Клухорский Перевал» абсолютный максимум увеличился на  $1,5^{\circ}\text{C}$ , на м/с «Шаджатмаз» на  $1,9^{\circ}\text{C}$ , а абсолютные минимумы понизились на  $0,6^{\circ}\text{C}$  и  $0,3^{\circ}\text{C}$  соответственно.

Динамика среднего многолетнего количества атмосферных осадков на м/с «Клухорский Перевал» имела положительную тенденцию, за 45-летний период их стало выпадать на 33,2 мм больше. Весна и осень характеризуются увеличением количества атмосферных осадков, максимальные значения осадконакопления отмечены весной, а вот в зимний и осенний периоды тренд влагообеспеченности имеет отрицательные значения. На м/с «Шаджатмаз» динамика влагонакопления имела противоположный сценарий. С 1972 по 2016 г. атмосферных осадков стало выпадать на 59,5 мм меньше. Все сезоны года характеризуются уменьшением количества атмосферных осадков. Наибольших отрицательных значений до 15,5 мм тренд влагообеспеченности достиг в летний период.

На изменение климата в высокогорной зоне указывает деградация снежного покрова, т.е. его мощность и плотность. При увеличении температуры воздуха и количества атмосферных осадков наблюдается перераспределение их по состоянию (твердые и жидкие) во всех сезонах года. За 45-летний период в высокогорной климатической зоне наблюдается тенденция снижения снегонакопления. Повышение температуры воздуха и количества атмосферных осадков в зимний период привело к сокращению толщины снежного покрова до 110 см.

В высокогорной зоне за исследуемый период увеличилось количество горно-долинных ветров и фенов. Подобная динамика способствует повышению температуры воздуха и понижению относительной влажности, в результате чего в горных районах может полностью сходить снежный покров, а в высокогорьях значительно уменьшатся.

Таким образом, умеренно-холодный климат высокогорной зоны изменился, среднегодовая температура воздуха увеличилась на  $2,1^{\circ}\text{C}$ , наибольшее увеличе-

ние отмечено зимой и летом, наименьшее весной. Абсолютная максимальная температура воздуха увеличилась на  $1,5^{\circ}\text{C}$ . Количество атмосферных осадков также увеличилось в среднем на 20 мм, и в основном в весенний период.

Климатические изменения среднегорной зоны приводятся по данным м/с «Теберда» и м/с «Архыз». Увеличение среднегодовой температуры воздуха отмечается на обеих метеостанциях, на м/с «Теберда» оно составило  $1,6^{\circ}\text{C}$ , на м/с «Архыз»  $2,0^{\circ}\text{C}$ . С 1972 по 2016 г. повышение температуры воздуха наблюдалось во все сезоны года. Тренд теплообеспеченности на м/с «Теберда» наибольших значений достиг зимой и летом до 2,0; наименьших – зимой  $1,0^{\circ}\text{C}$ . На м/с «Архыз» среднесезонная многолетняя температура воздуха летом увеличилась на  $2,4^{\circ}\text{C}$ , зимой и весной на  $1,8^{\circ}\text{C}$ , осенью на  $1,2^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный максимум температуры воздуха на м/с «Теберда» повысился на  $2,2^{\circ}\text{C}$ , а абсолютные минимумы на обеих метеостанциях понизились на  $1,6^{\circ}\text{C}$ .

Средняя многолетняя сумма атмосферных осадков за 45-летний период увеличилась на обеих метеостанциях. На м/с «Теберда» количество атмосферных осадков повысилось на 67,5 мм, на м/с «Архыз» их стало выпадать в 2,5 раза больше. В весенний период тренд влагообеспеченности характеризуется увеличением жидких осадков до 30 мм, осенью и летом тренды имели положительный вектор, а вот зима на обеих метеостанциях характеризуется понижением количества атмосферных осадков.

Характеристика снежного покрова умеренно влажного климата среднегорий подчинена высотной зональности, которая проявляется в увеличении толщины и водности снега с абсолютной высотой. Как и в высокогорной зоне, здесь наблюдается сокращение количества и толщины снежного покрова.

Изменения умеренно влажного климата среднегорной зоны характеризуются повышением среднемноголетней температуры воздуха за 45-летний период на  $1,8^{\circ}\text{C}$ , увеличение абсолютной максимальной и минимальной температуры воздуха на  $2,0^{\circ}\text{C}$ . Количество жидких осадков увеличилось на 100 мм.

Динамика климата низкогорной зоны представлена мониторинговыми данными м/с «Зеленчукская». Средневзвешенные значения температуры воздуха за последние 45 лет (1972–2016 гг.) имеют тенденцию увеличиваться, что указывает на потепление климата. Тренд теплообеспеченности

в этой зоне имеет положительное значение, а средняя многолетняя температура воздуха увеличилась на 1,3 °С. Тренды абсолютных максимумов и минимумов температуры воздуха также имели положительный вектор, они увеличились на 3,0 °С и 0,8 °С соответственно. Все сезоны года характеризуются увеличением среднегодовой температуры воздуха. Зимой и весной увеличение среднегодовых температур составило 2,3 °С, летом 1,9 °С и зимой 1,2 °С.

В анализируемой климатической зоне количество выпадающих жидких осадков за 45-летний период увеличилось на 53,3 мм. Сезоны года не равномерно характеризуются увеличением атмосферных осадков. Так весной их стало выпадать на 22,3 мм больше, осенью на 9,2 мм, зимой на 2,3 мм, а вот летний период характеризуется сокращением жидких осадков на 5 мм.

Таким образом, в климатической зоне низкогорий с 1972 по 2016 г. наблюдается увеличение среднегодовой температуры воздуха и суммы атмосферных осадков, особенно в весенний период.

Динамика умеренно континентального климата равнинно-степной зоны приводится по метеорологическим показателям м/с «Черкесск». Тренд теплообеспеченности за 45-летний период имел тенденцию увеличиваться и среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,9 °С. Абсолютная многолетняя температура воздуха повысилась на 2,9 °С, а абсолютная минимальная уменьшилась на 1,6 °С. Все сезоны года этой климатической зоны характеризуются увеличением среднегодовых температур воздуха. Максимальные значения тренда теплообеспеченности отмечены зимой и ле-

том и составили 2,0 °С, весной и осенью увеличение среднегодовой температуры воздуха составило 1,5 °С.

Как и в предыдущих климатических зонах, равнинно-степные районы характеризуются увеличением суммы атмосферных осадков на 32,8 мм. Тренд влагообеспеченности имеет положительные значения в весенний и осенний период и отрицательные в зимний и летний.

Потепление умеренно-континентального климата равнинно-степной зоны характеризуется увеличением среднегодовой температуры воздуха и количеством жидких атмосферных осадков.

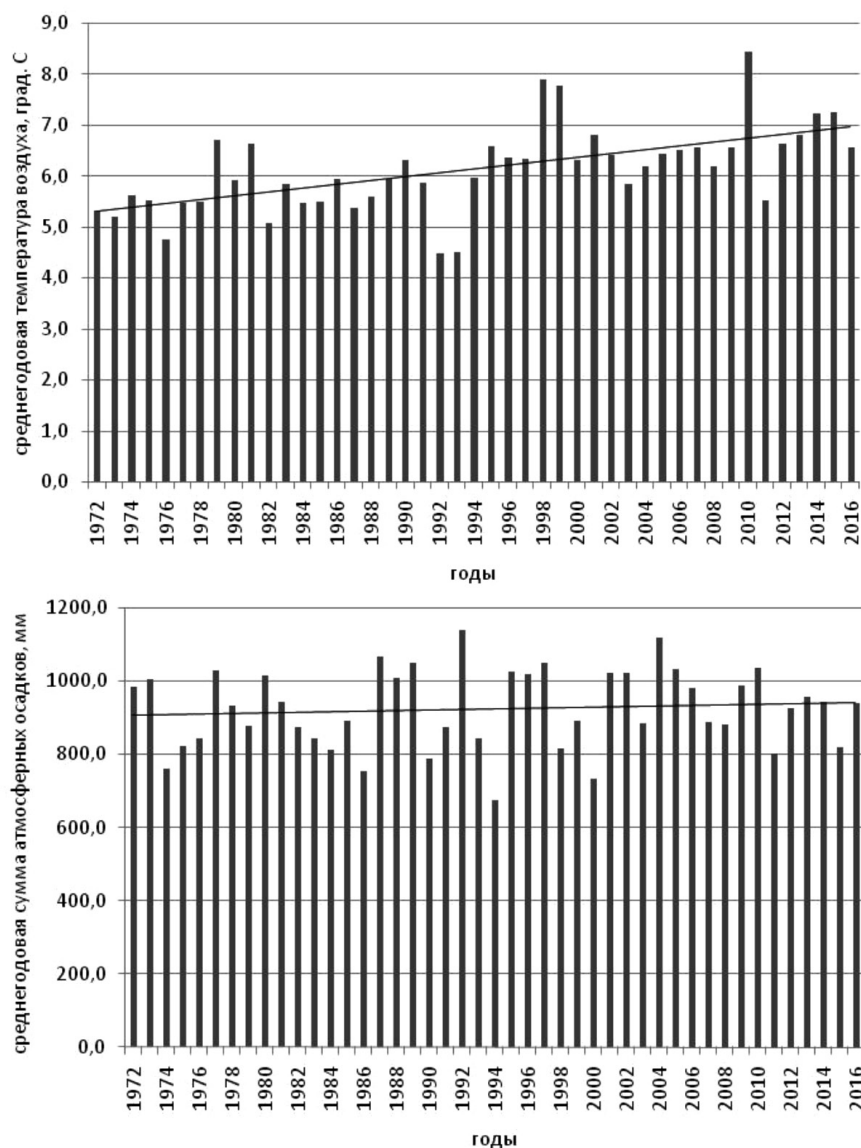
Таким образом, на всей территории республики наблюдается потепление климата, которому свойственны региональные особенности. Потепление наблюдается во всех четырех климатических зонах.

В таблице представлены данные тепло и влагообеспеченности по всем метеостанциям КЧР. За 45-летний период тренды среднемесячных температур воздуха на всех метеостанциях имели положительный вектор. Максимальная разница среднегодовых температур воздуха между конечными и начальными показателями трендов отмечена на м/с «Шаджатмаз» и минимальная на м/с «Клухорский Перевал». По нашему мнению такой разброс показателей теплообеспеченности обусловлен местоположением метеостанций. Так м/с «Клухорский Перевал» со всех сторон окружена горными хребтами, а м/с «Шаджатмаз», наоборот, открыта и доступна влиянию воздушных масс, что благоприятствует увеличению осадков на первой и уменьшению на второй метеостанции.

Динамика тепло- и влагообеспеченности на метеостанциях  
Карачаево-Черкесии с 1972 по 2016 г.

Название метеостанции	Температура воздуха, °С			Осадки, мм/год		
	Начальные показатели тренда	Конечные показатели тренда	Разница теплообеспеченности потепление (+) похолодание (-)	Начальные показатели тренда	Конечные показатели тренда	Разница влагообеспеченности
Шаджатмаз	1,9	4,2	+2,2	663,2	603,7	-59,5
Клухорский Перевал	3,4	4,5	+1,0	1793,4	1826,7	+33,2
Теберда	6,0	7,6	+1,6	794,9	862,4	+67,5
Зеленчукская	6,8	8,3	+1,6	729,5	782,8	+53,3
Черкесск	8,4	10,2	+1,7	579,8	612,6	+32,8





*Распределение тепло- и влагообеспеченности на территории Карачаево-Черкесской республики в период с 1972 по 2016 г.*

На рисунке изображены модели тепло- и влагообеспеченности среднегодовой температуры воздуха и количества атмосферных осадков, которые также указывают на потепление климата в республике за 45-летний период.

В программе Arc GIS, используя модуль «Геостатистический анализ», мы построили геоинформационные модели тепло- и влагообеспеченности, которые отражают закономерности распределения температуры воздуха и суммы атмосферных осадков в высотной поясности и позволяют выявить аномальные зоны. Для построения модели теплообеспеченности использовались: тем-

пературные градиенты и средние многолетние температуры воздуха исследуемых климатических зон, перераспределенные по экспозициям склонов в разных высотных поясах. Геоинформационная модель влагообеспеченности построена с помощью средних многолетних сумм атмосферных осадков четырех климатических зон и высотно-стационарного профиля Малая Хатипара. Высота над уровнем моря и удаленность от Главного Кавказского хребта позволили рассчитать вертикальные и горизонтальные градиенты перераспределения атмосферных осадков, которые также легли в основу построения данной модели [8].

Детально проанализировав модели, мы выявили аномальную зону в Учкулано-Хурзукском районе. По расчетным данным среднегодовая температура воздуха здесь должна быть на 1,0°C ниже, а годовое количество атмосферных осадков – на 43% выше, так как этот район находится в умеренно влажной климатической зоне среднегорий. Однако модели тепло и влагообеспеченности, состав и структура растительности, животный мир этого района указывают на климатическую аномалию. По нашему мнению, длительное (более 100 лет) нерациональное природопользование, которое заключалось в интенсивном животноводстве, сплошных вырубках пойменных и склоновых лесов преобразовало микроклимат территории, создав здесь специфические климатические условия. Подобная аномалия в Учкулано-Хурзукском районе также указывает на региональные изменения климата в республике.

### Выводы

На территории Карачаево-Черкесской Республики наблюдается потепление климата, которое в первую очередь связано с глобальными климатическими изменениями. За 45-летний период (1972–2016 гг.) увеличение среднегодовой температуры воздуха составило 1,7°C, за последние десять лет ее повышение составило 0,3°C. Все сезоны года характеризуются повышением температуры, максимальных значений она достигла в зимний и летний периоды, что привело к деградации нивально-гляциальной зоны высокогорных районов республики. С 1972 по 2016 г. наблюдается увеличение количества жидких атмосферных осадков на 33,9 мм/год, а вот количество твердых осадков в горных районах республики в холодный период имеет тенденцию к сокращению. Во всех климатических зонах рассматриваемой территории наблюдается потепление климата, которое характеризуется увеличением среднегодовых температур воздуха и количеством жидких атмосферных осадков.

Антропогенное воздействие на горные ландшафты приводит к изменениям в подстилающей поверхности и циркуляции воздушных масс и является причиной трансформации микроклимата деградированных территорий. Таким образом, общая климатическая ситуация, находящаяся под

влиянием глобальных процессов и хозяйственной деятельности, изменяется быстрее и носит ярко выраженные региональные особенности.

### Список литературы / References

1. Лурье П.М., Крохмаль А.Г., Панов В.Д., Панова С.В., Тамов М.Ч. Карачаево-Черкессия: климатические условия. Ростов н/Д.: Изд-во Ростовск. ун-та, 2000. 196 с.
2. Lurye P.M., Krokhamal A.G., Panov V.D., Panova S.V., Tamov M.Ch. Karachay-Cherkessia: climatic conditions. Rostov-on-Don: Publishing house of the Rostov university, 2000. 196 p. (in Russian).
3. Кипкеева П.А., Потапенко Ю.Я. Геоморфологические особенности дна долины р. Теберда (Северный Кавказ). Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2016. № 2 (190). С. 100–104. DOI: 10.18522/0321-3005-2016-2-100-104.
4. Kipkeeva P.A., Potapenko Yu.Ya. Geomorphological features of the bottom of the valley of the Teberda River (North Caucasus) // News of higher educational institutions. North Caucasus region. Series: Natural sciences. 2016. № 2 (190). P. 100–104. DOI: 10.18522/0321-3005-2016-2-100-104 (in Russian).
5. Коновалов Б.Т., Кипкеева П.А., Дежнева А.А., Потапенко Ю.Я. Потепление климата в регионе Кавминвод и первоочередные меры противодействия его негативным последствиям // Успехи современного естествознания. 2016. № 8. С. 183–187. DOI 10.17513/use.36101.
6. Kononov B.T., Kipkeeva P.A., Dezhneva A.A., Potapenko Yu.Ya. Warming of climate in the region of Caucasus Mineralnye Vody region and prime measures of counteraction to its negative consequences // Achievements of modern natural sciences. 2016. № 8. P. 183–187. DOI 10.17513/use.36101 (in Russian).
7. Аджиева М.М. География Карачаево-Черкесской Республики. Карачаевск: КЧГУ, 2017. 252 с.
8. Adzhieva M.M. Geography of the Karachay-Cherkess Republic. Karachayevsk: KChGU, 2017. 252 p. (in Russian).
9. Онищенко В.В., Дега Н.С., Усова Г.В., Пазов М.С. Экологическая и социальная взаимообусловленность в ландшафтных и общественных преобразованиях горных территорий Карачаево-Черкессии // Вестник КЧГУ. 2008. № 23. С. 240–256.
10. Onishchenko V.V., Dega N.S., Usova G.V., Pazov M.S. Ecological and social interconditionality in landscape and public transformations of mountain territories of the KChGU Karachay-Cherkessia / Bulletin KChGU. 2008. № 23. P. 240–256 (in Russian).
11. Дега Н.С., Онищенко В.В., Баскаев Р.О. Экологическая и социальная взаимообусловленность ландшафтных преобразований в горной Карачаево-Черкессии // Российская наука в современном мире. XIII международная научно-практическая конференция. М.: НИЦ «Актуальность. РФ», 2017. С. 144–147.
12. Dega N.S., Onishchenko V.V., Baskayev R.O. Ecological and social interconditionality of landscape transformations in mountain Karachay-Cherkessia // The Russian science in the modern world. The XIII international scientific and practical conference. M.: NICZ «Aktual'nost'. RF», 2017. P. 144–147 (in Russian).
13. РД 52.04.614-2000 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 3. Часть II. Обработка материалов метеорологических наблюдений. Дата введения 2001-09-01. М.: Росгидромет, 2001. 90 с.
14. Абазалиев А.Т. Курортные ресурсы Карачаево-Черкессии. Черкесск: Книжн. изд-во, 1973. 215 с.
15. Abazaliev A.T. Resort resources of Karachay-Cherkessia. Cherkessk: Knizhn. izd-vo, 1973. 215 p. (in Russian).