

Оригинальная статья / Original article
УДК 433:591.543.4
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-173-181

Картографирование современной изменчивости агроклиматических условий Северного Кавказа

Виталий В. Братков^{1,3}, Светлана В. Савинова², Павел В. Ключин²,
Ибрагим А. Керимов^{3,4}, Луиза Р. Бекмурзаева³

¹Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия,

²Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия,

³ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

⁴ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

Контактное лицо

Павел В. Ключин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экономики недвижимости, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»; 105064 Россия, г. Москва, ул. Казакова, 15.
Тел. +79647989844
Email klyushinpv@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4221-036X>

Формат цитирования

Братков В.В., Савинова С.В., Ключин П.В., Керимов И.А., Бекмурзаева Л.Р.
Картографирование современной изменчивости агроклиматических условий Северного Кавказа // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 173-181. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-173-181

Получена 1 сентября 2021 г.
Прошла рецензирование 10 октября 2021 г.
Принята 10 ноября 2021 г.

Резюме

Цель. Оценка современных климатических, а на этой основе картографических изменений территории Северного Кавказа для эффективного ее использования.

Методы. Оценка влияния климатических изменений и их последствий с точки зрения условий тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода на биологическую продуктивность региона, а на этой основе создание карт динамики агроклиматических условий.

Результаты. Площади территорий с разными условиями увлажнения довольно значительно изменяются во времени. Так, сухая зона на территории Северного Кавказа может практически полностью исчезать в отдельные годы. Тогда как остальные зоны увлажнения представлены гораздо более стабильно. Минимальную площадь за весь рассматриваемый период времени имеют территории, где могут отмечаться наиболее засушливые условия. Изменения последнего времени привели к сокращению лесостепных условий за счет увеличения площади степных и сухостепных, что также можно отнести к улучшению климатических условий для производства зерновых культур.

Заключение. Проведенное нами исследование показало, что для территории Северного Кавказа характерна довольно существенная изменчивость условий тепло- и влагообеспеченности периода активной вегетации приводит к тому, что степные условия стали преобладать на большей части Западного и Центрального Предкавказья, а это благоприятствует повышению урожайности зерновых культур.

Ключевые слова

Россия, Северный Кавказ, картографирование, климат, температура, осадки, гидротермический коэффициент, рекомендации.

Mapping of modern variability of agro-climatic conditions of the North Caucasus

Vitaly V. Bratkov¹, Svetlana V. Savinova², Pavel V. Klyushin²,
Ibragim A. Kerimov³ and Luiza R. Bekmurzaeva³

¹Moscow state University geodesy and cartography, Moscow, Russia

²State University of Land Management, Moscow, Russia,

³Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, Grozny, Russia

⁴S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the RAS, Moscow, Russia

Principal contact

Pavel V. Klyushin, doctor of agricultural Sciences,
Professor of the Department of real estate
Economics State University of Land Use Planning;
15 Kazakova str., Moscow, Russia 105064.
Tel. +79647989844

Email klyushinpv@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4221-036X>

How to cite this article

Bratkov V.V., Savinova S.V., Klyushin P.V., Kerimov
I.A., Bekmurzaeva L.R. Mapping of modern
variability of agro-climatic conditions of the North
Caucasus. *South of Russia: ecology, development*.
2021, vol. 16, no. 4, pp. 173-181. (In Russian) DOI:
10.18470/1992-1098-2021-4-173-181

Received 1 September 2021

Revised 10 October 2021

Accepted 10 November 2021

Abstract

Aim. Assessment of modern climatic and corresponding cartographic changes in the territory of the North Caucasus for its effective use.

Methods. Assessment of the impact of climatic changes and their consequences from the point of view of the conditions of heat and moisture availability of the growing season on the biological productivity of the region, and on this basis the creation of maps of the dynamics of agro-climatic conditions.

Results. The areas of territories with different humidity conditions vary quite significantly over time. Thus, the dry zone of the North Caucasus can almost completely disappear in some years, while other humidity zones are much more stable. The territories where the most arid conditions can be observed have the minimum area for the entire period of time under consideration. Recent changes have led to a reduction in forest-steppe conditions due to an increase in the area of steppe and dry steppe, which can also be attributed to an improvement in climatic conditions for the production of grain crops.

Conclusion. Our research has shown that the territory of the North Caucasus is characterized by a rather significant variability in the conditions of heat and moisture supply during the active vegetation period, which leads to the fact that steppe conditions began to prevail in most of the Western and Central Caucasus, and this favors an increase in grain yields.

Key Words

Russia, North Caucasus, mapping, climate, temperature, precipitation, HTC, recommendations.

ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственное производство опирается, прежде всего, на природные условия и ресурсы региона. Они, в свою очередь, связаны с рельефом и климатом. Характер рельефа определяет возможности ведения хозяйства с точки зрения абсолютной высоты, уклона и экспозиции поверхностей, с которыми связаны многие, в том числе и неблагоприятные факторы, которые практически не меняются с течением времени, но могут оказывать влияние на продуктивность сельскохозяйственных угодий. Климат как осредненный за многолетний период режим погод также характеризуется определенными статистическими показателями, которые, в отличие от рельефа существенно изменяются от года и, в конечном итоге, сказываются на таком важнейшем показателе сельскохозяйственных угодий, как продуктивность.

В последние десятилетия внимание не только научного сообщества, но и широкой общественности привлекают проблемы изменения климата и их возможные последствия. Традиционно упоминается глобальное потепление и его возможные последствия. Однако почему-то за скобками остается другой аспект изменения климата, от которого зависит продуктивность не только природных систем, но и сельскохозяйственных угодий: изменение температуры воздуха сопровождается также изменением количества и характером выпадения атмосферных осадков. Итогом этих сочетаний являются определенные циклы, приводящие к изменению пространственной структуры природных ландшафтов. Так, в 1970-е годы на территории Северного Кавказа отмечалось снижение температуры воздуха и сокращение количества выпадающих осадков, что привело как к усилению аридизации климата, так и к снижению уровня Каспийского моря, для стабилизации которого планировалась переброска стока рек из других бассейнов. В конце XX – начале XXI века тренд климатических изменений стал меняться: на фоне роста температуры воздуха стал отмечаться рост атмосферных осадков. Это привело, во-первых, к повышению уровня Каспийского моря почти на 2 м, и, во-вторых, к увеличению участия степных элементов в полупустынных ландшафтах. Данные изменения нашли отражение, например, в ежегодных докладах о состоянии окружающей природной среды субъектов Южного федерального округа.

Как уже отмечалось, в настоящее время продолжается рост температуры воздуха, который в пределах Северного Кавказа сопровождается в разной степени увеличением количества выпадающих осадков. Итогом этих изменений является то, что условия влагообеспеченности территории в период активной вегетации, выражаемые через такой интегральный

показатель, как гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК), остаются сопоставимыми с предыдущими периодами, но при этом увеличилась продолжительность периода активной вегетации и несколько изменился характер выпадения осадков во времени. Эти природные изменения способствовали увеличению продуктивности сельскохозяйственных угодий и валовому сбору зерновых на Северном Кавказе [1-5].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами для оценки влияния климатических изменений и их последствий с точки зрения условий тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода были проанализированы данные, отражающие величину гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова за 1976-2015 годы, рассчитанные на основе месячных данных, имеющихся в свободном доступе на портале WorldClim.org, и отражающие климатические условия на территории земного шара. Сопоставление указанных данных с традиционными данными, собираемых на опорных метеостанциях изучаемой территории, показало, что для равнинной и предгорно-холмистой ее части их точность достаточна [6].

Исходные данные опирались на раздел указанного сайта, где хранятся исторические климатические данные месячного разрешения растры за период 1960-2018 гг. в формате GeoTIFF (.tif) с пространственным разрешением 2,5 минуты (~21 км²). Посредством маски была выделена изучаемая территория. Под Северным Кавказом традиционно понимается территория северного склона Большого Кавказа с южной границей по Главному Кавказскому хребту и прилегающая часть Предкавказья с северной границей по Кума-Манычской впадине.

Для создания карт динамики агроклиматических условий обрабатывались ежемесячные данные о температурах и количестве осадков за период активной вегетации, которая в условиях равнинной и предгорно-холмистой частей Северного Кавказа длится с апреля по октябрь. Вычисление величины ГТК осуществлялась с применением модуля «Калькулятор растров» в среде ГИС по традиционной формуле:

$$ГТК = \frac{10 \cdot \sum T}{\sum T_c} = \frac{\sum T}{\sum T_c / 10}$$

где $\sum T$ – сумма осадков за период активной вегетации; $\sum T_c$ – сумма активных температур воздуха за тот же период вегетации.

Ранжирование данные также осуществлялось на основе исследований Г.Т. Селянинова, который по условиям тепло- и влагообеспеченности выделял зоны и подзоны увлажнения (табл. 1).

Таблица 1. Зоны увлажнения согласно ГТК по Г.Т. Селянинову**Table 1.** Humidity zones according HTC to G.T. Selyaninov

Зона увлажнения Humidity zone	Подзона Subzone	Природная зона Natural zone	ГТК HTC
Влажная / Wet	Избыточно влажная Excessively wet	Тайга / Taiga	≥1,6
	Влажная / Wet	Тайга и лиственные леса Taiga and deciduous forests	1,6-1,3
Засушливая / Arid	Слабо засушливая / Slightly arid	Лесостепь / Forest steppe	1,3-1,0
	Засушливая / Arid	Степь / Plain	1,0-0,7
	Очень засушливая / Very arid		0,7-0,4
Сухая / Dry	Сухая / Dry	Полупустыня / Semi-desert	0,4-0,2
	Очень сухая / Very dry	Пустыня / Desert	<0,2

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Традиционно климатические изменения фиксируются через сравнение статистических данных, фиксируемых на метеостанциях. Они характеризуют метеорологические параметры (прежде всего температуры и осадки), усредняемые за определенные промежутки времени. В результате выявления трендов на основании связи между климатическими параметрами и их влиянии на растительный покров делаются выводы о том, в какую сторону могут изменяться природные комплексы [7-9]. Так, аридизация климата потенциально может приводить к расширению площади полупустынных ландшафтов и доли пустынных элементов в растительном покрове. Гумидизация климата приводит к обратным последствиям: может увеличиться площадь, занятая степными элементами на равнине, увеличиться площадь лесов или повысится верхняя граница леса. Для выявления изменений такого рода (оценку площадных изменений, обусловленных изменением климатических параметров) необходимы другие методы. На наш взгляд, они должны опираться не только на точечные наблюдения гидрометеорологической сети, но и на пространственную

интерполяцию и экстраполяцию этих данных для определенных территорий.

Такую возможность дают современные ГИС-технологии, которые в настоящее время активно применяемые для картографирования климата и его параметров. Так, по точечным данным можно строить различные изолинии (температур, осадков, различных коэффициентов и индексов) и на основе анализа их положения в разные временные промежутки делать выводы об изменении параметров и влиянии их на природные комплексы. Также при картографировании, наряду с изолиниями, возможно создание разнообразных полигонов, моделирующих пространственно-временное положение того или иного климатического параметра и позволяющего определить площадь картографируемого параметра [7; 10-12].

Полученные растры, отражающие пространственное распределение величины ГТК, были усреднены по пятилетним отрезкам с 1976 по 2015 гг. Последним этапом обработки данных стало вычисление площадей, соответствующим разным подзонам увлажнения и природным зонам (от полупустынь до лесостепей) (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2. Изменение площадей с разными величинами ГТК в пределах равнинной и предгорно-холмистой частей Северного Кавказа в 1976-2015 гг.

Table 2. Change of areas with different values of HTC within the flat and foothill-hilly parts of the North Caucasus in 1976-2015

ГТК HTC	Годы / Years							
	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015
0,2-0,4	658	1169	4319	61	1373	68	3768	4382
0,4-0,7	31857	34159	36032	29448	38252	27651	55520	48700
0,7-1,0	58697	107282	97401	60125	100903	101265	104946	110237
1,0-1,3	85398	39231	46941	81099	44608	48706	27764	29949
Итого / Total	176610	181841	184693	170733	185136	177690	191998	193268

Примечание: площади определены для территорий, где летние температуры превышают +10°C, а не для заданной территории, поэтому сумма площадей не является величиной постоянной

Note: the areas are defined for territories where summer temperatures exceed +10°C, and not for a given territory, so the sum of the areas is not a constant value

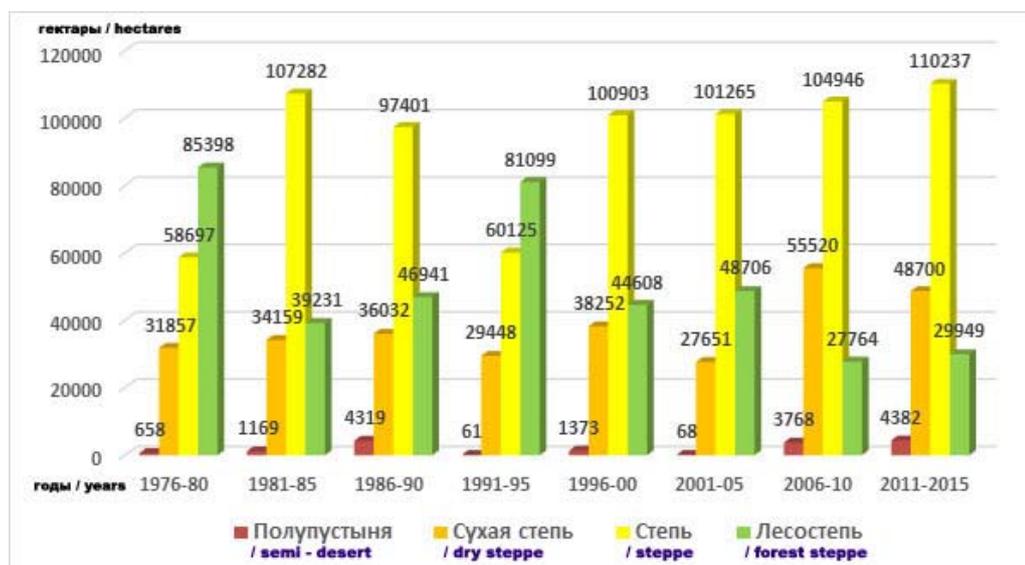


Рисунок 2. Соотношение площадей с разными величинами ГТК в пределах равнинной и предгорно-холмистой частей Северного Кавказа в 1976-2015 гг.

Figure 1. The ratio of areas with different values of HTC within the flat and foothill-hilly parts of the North Caucasus in 1976-2015

Как видно из представленных данных, площади территорий с разными условиями увлажнения довольно значительно изменяются во времени. Сухая зона на территории Северного Кавказа может практически полностью исчезать в отдельные годы, тогда как остальные зоны увлажнения представлены гораздо более стабильно. Изменение метеорологических условий конкретных лет и периодов приводит к разному сочетанию условий увлажнения и соответствующим этим условиям площадям.

Минимальную площадь за весь рассматриваемый период времени имеют территории, где могут отмечаться наиболее засушливые условия (*сухая и очень сухая зоны*, ГТК < 0,4). К ней относится часть Северного Кавказа, примыкающая к побережью Каспийского моря, особенно в северной части, а также остров Чечень. Минимальная площадь (около 60 км²) отмечалась в 1991-1995 и 2001-2005 гг. Довольно значительные площади с наиболее засушливыми условиями были в 1986-1990 и 2011-2015 гг., когда они отмечались на территориях более 4000 км².

Территория, занимаемая *очень засушливой зоной*, соответствующей сухим степям (ГТК=0,4-0,7) изменялась на территории Северного Кавказа от 27651 км² в 2001-2005 гг. до 55520 км² в 2006-2010 гг., то есть изменялась почти в два раза. В целом ее изменчивость стала возрастать с начала современных климатических изменений, которое началось с конца XX века.

Территория *засушливой зоны* (ГТК=0,7-1,0), соответствующей типичным степям, наиболее характерна для Северного Кавказа. Однако величина ее площади также существенно изменяется во времени: от

58697 км² в 1976-1980 гг. до 110237 км² в 2011-2015 гг. Существенно сокращение ее площади отмечалось также в 1991-1995 гг., тогда как в остальное время ее площадь приближалась к 100 тыс. км².

Территория *слабо засушливой зоны* (ГТК=1,0-1,3), соответствующей лесостепям, была минимальна в 2006-2010 гг. (27764 км²), а максимальна – в 1976-1980 гг. (85398 км²). После сухой зоны ее следует считать наиболее изменчивой на данной территории, поскольку, во-первых, площадь может изменяться почти в 3 раза, и, во-вторых, изменения происходят довольно быстро. Так, в 1976-1980 гг. отмечался максимум, а в 1981-1985 гг. ее площадь сократилась почти в два раза. Для выявления особенностей пространственного размещения зон различного увлажнения были составлены карты распределения ГТК по территории Северного Кавказа на отдельные временные отрезки (рис. 2а, 2б, 2в и легенда).

Картографическое представление данных, в отличие от статистического, дает наглядное представление об особенностях пространственных изменений величины ГТК. Так, на территории Западного Предкавказья, где типичной является степная зона, отмечалась изменчивость условия тепловлагообеспеченности периода активной вегетации от степных (иногда сухостепных) до лесостепных, причем последние отмечались довольно часто. Однако современные климатические изменения привели к тому, что здесь наиболее характерными являются типичные степные условия, наиболее благоприятные для выращивания зерновых культур.



а / а



б / в



в / с

Легенда: Зоны увлажнения / Legend: Humidity zones

- 

Избыточно влажная, тайга (ГТК $\geq 1,6$)
Excessively wet, Taiga (HTC $\geq 1,6$)
- 

Влажная, тайга и лиственные леса (ГТК = 1,6-1,3)
Excessively wet, Taiga and deciduous forests (HTC = 1,6-1,3)
- 

Слабо засушливая, лесостепь (ГТК = 1,0-1,3)
Slightly arid, forest steppe (HTC = 1,3-1,0)

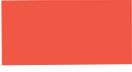
	Засушливая, степь (ГТК = 1,0-0,7) Arid, Steppe (HTC = 1,0-0,7)
	Очень засушливая, сухая степь (ГТК = 0,7-0,4) Very arid, dry steppe (HTC = 0,7-0,4)
	Сухая, полупустыня и пустыня (ГТК < 0,4) Dry, semidesert and desert (HTC < 0,4)
	Температура самого теплого месяца ниже 10°C, расчет увлажнения не проводится The temperature of the warmest month is below 10°C, humidity calculation not performed

Рисунок 2. Агроклиматические условия увлажнения Северного Кавказа в 1976-1980 (а), 1991-1995 (б) и 2011-2015 (в) годы

Figure 2. Agro-climatic conditions of humidity of the North Caucasus in 1976-1980 (a), 1991-1995 (b) and 2011-2015 (c) years

Территория Центрального Предкавказья, осложненная Ставропольской возвышенностью с лесостепными ландшафтами, характеризуется вариацией условий теплообеспечения от степных до лесостепных, но, в отличие от Западного Предкавказья, здесь довольно часто могут отмечаться также сухостепные условия. Изменения последнего времени привели к сокращению лесостепных условий за счет увеличения площади степных и сухостепных, что также можно отнести к улучшению климатических условий для производства зерновых культур.

Восточное Предкавказье, для которого типичными являются сухие степи и полупустыни, характеризуется довольно существенной климатической изменчивостью, которая выражается в том, что периоды с увеличением количества осадков приводят существенному сокращению прежде условий, характерных для полупустынь. В целом в последнее время здесь имеются условия для выращивания зерновых культур в предгорных районах, а животноводческая специализация этого района Северного Кавказа в связи с современными климатическими изменениями не меняется, тем более что улучшение увлажнения приводит к увеличению продуктивности сухостепных ландшафтов [13-15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что для территории Северного Кавказа характерна довольно существенная изменчивость условий тепло- и влагообеспеченности периода активной вегетации, который традиционно оценивается посредством гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова. Картографирование данного показателя на основе пространственных данных низкого разрешения позволило выявить его пространственно-временную изменчивость. Расчет площадей, занимаемых величинами ГТК, соответствующим зонам увлажнения и природным зонам, позволил количественно оценить величину этой изменчивости. Так, на территории Северного Кавказа в наибольшей степени изменяются условия в пределах полупустынь на севере и северо-востоке и лесостепей, характерных для предгорной зоны.

Климатические изменения, которые начались в конце XX века и выразились в повышении температуры воздуха и в разной степени изменении количества атмосферных осадков в период активной вегетации привели к тому, что степные условия стали

преобладать на большей части Западного и Центрального Предкавказья, что является природным фактором, благоприятствующим повышению урожайности сельскохозяйственного производства зернового типа на данных территориях.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена в рамках госзадания ГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова FZNU-2021-0002 «Оценка изменчивости агроклиматических условий Северного Кавказа в связи с глобальными изменениями климата».

ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out within the framework of the state tasks of GGNTU Academician M.D. Millionshchikov FZNU-2021-0002 "Assessment of variability of agro-climatic conditions of the North Caucasus in connection with global climate changes".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.
2. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2020. 1000 с.
3. О деятельности Росгидромета в 2018 году и задачах на 2019 год (итоговый доклад). Министерство природных ресурсов и экологии РФ. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. М.: Росгидромет, 2019. 63 с.
4. Заурбеков Ш.Ш., Джандубаева Т.З. Тенденции климатических изменений в степных ландшафтах Западного Предкавказья // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2014. №3 (28). С.76-84.
5. Братков В.В., Атаев З.В. Оценка влияния современных климатических условий на природно-территориальные комплексы Северо-Восточного Кавказа (по материалам дистанционного зондирования Земли) // Мониторинг. Наука и технологии. 2017. №2 (31). С. 6-14.
6. Чирков Ю.И. Агрометеорология: учебник для вузов. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 296 с.

7. Братков В.В., Заурбеков Ш.Ш., Атаев З.В. Мониторинг современных климатических изменений и оценка их последствий для ландшафтов Северного Кавказа // Вестник РАЕН. 2014. N2. С. 7-16.
8. Заурбеков Ш.Ш., Братков В.В., Атаев З.В., Бекмурзаева Л.Р. Сезонная динамика ландшафтов как интегральный показатель современных климатических изменений (на примере полупустынных и степных ландшафтов Восточного Предкавказья) // В сборнике: ТРУДЫ КНИИ РАН. Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН. Грозный, 2015. С. 230-245.
9. Атаев З.В., Братков В.В. Реакция ландшафтов Северного Кавказа на современные климатические изменения // Юг России: экология, развитие. 2014. Т. 9. N1. С. 141-157. DOI: 10.18470/1992-1098-2014-1-141-157
10. Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири (в пяти томах). Т. 3. Мониторинг и моделирование ландшафтов / под ред. акад. РАН В.Г. Сычева, Л. Мюллера. М.: изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. Т. 3. 352 с.
11. Деградация земель и опустынивание в России: Новейшие подходы к анализу проблемы и поиску путей решения / Г. Куст (общ. ред.) М.: Издательство «Перо», 2019. 235 с.
12. Блюм И., Столбовой В.С. Оценка качества земель в Европе для устойчивой интенсификации сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. N7. С. 11-13.
13. Ключин П.В., Мурашева А.А., Широкова В.А., Хуторова А.О., Савинова С.В. Пути повышения эффективного использования сельскохозяйственных угодий на территории Северо-Кавказского федерального округа // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. N1. С. 4-7.
14. Ключин П.В., Братков В.В., Шаповалов Д.А., Савинова С.В., Мусаев М.Р. Состояние землепользования равнинных и предгорно-холмистых ландшафтов Северного Кавказа // Материалы Международного научно-практического форума, посвященного 240-летию со дня основания Государственного университета по землеустройству «Землеустроительное образование и наука: из XVIII в XXI век». М., ГУЗ. 2019. Т. 1. С. 199-207.
15. Sharovalov D.A., Klyushin P.V., Shirokova V.A. et al. Problems and efficiency of land use in the North Caucasian federal district // GeoConference SGEM. 2018. V. 18. N 5.1. P. 667-674.
- Roshydromet in 2018 and tasks for 2019 (final report). Moscow, Roshydromet Publ., 2019, 63 p. (In Russian)
4. Zaurbekov Sh.Sh., Dzhandubaeva T.Z. Trends of climatic changes in the steppe landscapes of the Western Caucasus. Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki [Proceedings of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and Exact Sciences]. 2014, no. 3 (28), pp. 76-84. (In Russian)
5. Bratkov V.V., Ataev Z.V. Assessment of the influence of modern climatic conditions on the natural-territorial complexes of the North-Eastern Caucasus (based on the materials of remote sensing of the Earth). *Monitoring. Nauka i tekhnologii* [Monitoring. Science and technology]. 2017, no. 2 (31), pp. 6-14. (In Russian)
6. Chirkov Yu.I. *Agrometeorologiya* [Agrometeorology]. Leningrad, Hydrometeoizdat Publ., 1986, 296 p. (In Russian)
7. Bratkov V.V., Zaurbekov Sh.Sh., Ataev Z.V. Monitoring of modern climate changes and assessment of their consequences for the landscapes of the North Caucasus. *Vestnik RAEN* [Bulletin of RAEN]. 2014, no. 2, pp. 7-16. (In Russian)
8. Zaurbekov Sh.Sh., Bratkov V.V., Ataev Z.V., Bekmurzaeva L.R. Sezonnaya dinamika landshaftov kak integral'nyi pokazatel' sovremennykh klimaticheskikh izmenenii (na primere polupustynnykh i stepnykh landshaftov Vostochnogo Predkavkaz'ya) [Seasonal dynamics of landscapes as an integral indicator of modern climatic changes (on the example of semi-desert and steppe landscapes of the Eastern Ciscaucasia)]. In: *Trudy Kompleksnogo nauchno-issledovatel'skogo instituta im. Kh.I. Ibragimova RAN* [Proceedings of the Complex Research Institute named after H.I. Ibragimov RAS]. Grozny, 2015, pp. 230-245. (In Russian)
9. Ataev Z.V., Bratkov V.V. Reaction of landscapes of the North Caucasus on the current climatic changes. *South of Russia: ecology, development*, 2014, vol. 9, no. 1, pp. 141-157. DOI: 10.18470/1992-1098-2014-1-141-157
10. Sychev V.G., Muller L., eds. [New methods and results of landscape research in Europe, Central Asia and Siberia (in five volumes)]. In: *Monitoring and modeling of landscapes*. Moscow, Research Institute of Agrochemistry Publ., 2018, vol. 3, 352 p. (In Russian)
11. Kust G., ed. *Degradatsiya zemel' i opustynivanie v Rossii: Noveishie podkhody k analizu pro-blemy i poisku putei resheniya* [Land degradation and desertification in Russia: The latest approaches to the analysis of the problem and the search for solutions]. Moscow, Pero Publ., 2019, 235 p. (In Russian)
12. Blum I., Stolbovoy V.S. Assessment of land quality in Europe for sustainable intensification of agriculture. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]. 2016, vol. 30, no. 7, pp. 11-13. (In Russian)
13. Klyushin P.V., Murasheva A.A., Shirokova V.A., Khutorova A.O., Savinova S.V. Ways to increase the effective use of agricultural land in the territory of the North Caucasus Federal District. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International Agricultural Journal]. 2018, no. 1, pp. 4-7. (In Russian)
14. Klyushin P.V., Bratkov V.V., Sharovalov D.A., Savinova S.V., Mусаev M.R. Sostoyanie zemlepol'zovaniya ravninnykh i predgorno-holmistykh landshaftov Severnogo Kavkaza [The state of land use of lowland foothill and hilly landscapes of the North Caucasus].

Materialy Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma, posvyashchennogo 240-letiyu so dnya osnovaniya Gosudarstvennogo universiteta po zemleustroystvu «Zemleustroitel'noe obrazovanie i nauka: iz XVIII v XXI vek», Moskva, 2019 [Materials of the International Scientific and Practical Forum dedicated to the 240th anniversary of the founding of the State University of Land Management

“Land management education and science: from the XVIII century to the XXI century”, Moscow, 2019, vol. 1, pp. 199-207. (In Russian)
15. Shapovalov D.A., Klyushin P.V., Shirokova V.A. and others. Problems and efficiency of land use in the North Caucasus Federal District. Geoconference SGEM. 2018, vol. 18, no. 5.1, pp. 667-674.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Виталий В. Братков осуществил поиск исторических данных и литературный обзор, принимал участие в обработке данных. Светлана В. Савинова выполнила все полевые и лабораторные исследования. Павел В. Ключин анализировал и интерпретировал результаты исследований, подготовил рукопись. Ибрагим А. Керимов участвовал в обработке и изготовлении графического материала статьи. Луиза Р. Бекмурзаева осуществляла статистическую обработку материала. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Vitaly V. Bratkov carried out the search for historical data, reviewed the literary review, and participated in data processing. Svetlana V. Savinova undertook all field and laboratory studies. Pavel V. Klyushin analysed and interpreted the research results and prepared the manuscript. Ibragim A. Kerimov participated in the processing and production of the graphic material of the article. Luiza R. Bekmurzaeva carried out statistical processing of the material. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Виталий В. Братков / Vitaly V. Bratkov <https://orcid.org/0000-0001-5072-1859>

Светлана В. Савинова / Svetlana V. Savinova <https://orcid.org/0000-0003-4433-2528>

Павел В. Ключин / Pavel V. Klyushin <https://orcid.org/0000-0002-4221-036X>

Ибрагим А. Керимов / Ibragim A. Kerimov <https://orcid.org/0000-0001-9606-3775>

Луиза Р. Бекмурзаева / Luiza R. Bekmurzaeva <https://orcid.org/0000-0002-4904-0463>