

УДК 630:528.91(470.661)

DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-2-83-90

Оценка изменения лесопокрытых площадей Чеченской Республики методами ГИС-технологий

И. А. Керимов¹, В. В. Братков¹, Е. Ю. Холопова², Л. Р. Бекмурзаева¹✉

¹ Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Российская Федерация

² Московский государственный университет геодезии и картографии, г. Москва, Российская Федерация

e-mail: eip-eco2017@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – анализ изменения площади древесной растительности Чеченской Республики методами ГИС-технологий. Для оценки изменения площади лесов Чеченской Республики использовались летние снимки Landsat (1985 и 2023 гг.) и Sentinel-2 (2023 г.). Для сравнения границ лесов прошлых лет применялись топографические карты масштаба 1: 200 000. Обработка материала проводилась такими программными средствами как ENVI, ArcGis и MapInfo. Современные климатические изменения Чеченской Республики протекают по сценарию увеличения годовой температуры воздуха и количества осадков, отмечается увеличение значения гидротермического коэффициента Г. Т. Селянинова для горных районов. Оценка современного состояния древесной растительности показала, что на территории Чеченской Республики отмечается увеличение лесопокрытых площадей на 10,9 % по сравнению с 1985 г. Максимальный прирост лесов отмечается в избыточно влажной зоне, где гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова больше 2. Выявлено, что увеличение лесопокрытых территорий в Чеченской Республике произошло за счет повышения границы леса.

Ключевые слова: климатические изменения, лесопокрытые территории, ГИС-технологии, данные дистанционного зондирования Земли

Для цитирования:

Керимов И. А., Братков В. В., Холопова Е. Ю., Бекмурзаева Л. Р. Оценка изменения лесопокрытых площадей Чеченской Республики методами ГИС-технологий // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 2. – С. 83–90. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-2-83-90

Введение

Леса – наиболее распространенный тип наземных экосистем планеты. Занимая около 1/3 поверхности суши Земли, они синтезируют почти 2/3 массы ее органических веществ, являются важнейшим регулятором глобальных биохимических и биофизических процессов, включая циклы углерода и воды, поддерживают кислородный и энергетический баланс [1]. В лесах сконцентрированы главные запасы ассимилиро-

ванного растениями углерода, которые играют важную роль в круговоротах всех основных веществ в природе, особенно в продуцировании кислорода и поглощении диоксида углерода. Лесные экосистемы остаются наряду с Мировым океаном основным естественным саморегулятором климата на Земле [2]. Леса России составляют 22 % мировых лесных ресурсов и 2/3 бореальных лесов мира. Ежегодное накопление углерода в фитомассе лесного фонда России оценивается в 0,25 млрд т в год, что состав-

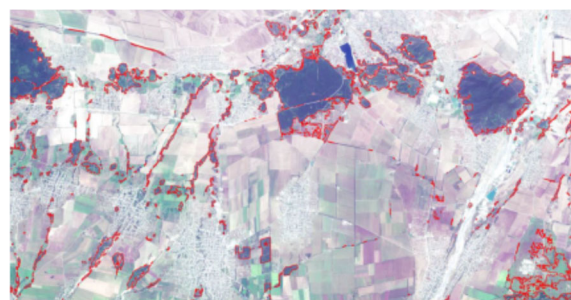
ляет от 10 до 25 % мирового объема поглощения углекислого газа всеми экосистемами [3, 4]. Таким образом, леса России играют важную роль в глобальных биохимических циклах и климатообразующих процессах.

Леса Чеченской Республики (ЧР) традиционно используются для заготовок древесины, в сельском и охотничьем хозяйстве, в рекреационных целях. Осуществление научно-исследовательской деятельности в лесах республики началось после создания на территории республики национального парка «Даймохк» и карбонового полигона (участок Рошни-Чу). Эколого-экономическая оценка лесных ресурсов Чеченской Республики проводилась в работах [5–8]. Однако, в этих работах не рассматривалось изменение границ и площади лесов Чеченской Республики, что, несомненно, представляет как научный, так и практический интерес, так как именно растительность первая реагирует на климатические изменения, которые наблюдаются на исследуемой территории в последние десятилетия [9–11]. В этой связи, целью исследования является анализ изменения площади древесной растительности Чеченской Республики методами ГИС-технологий.

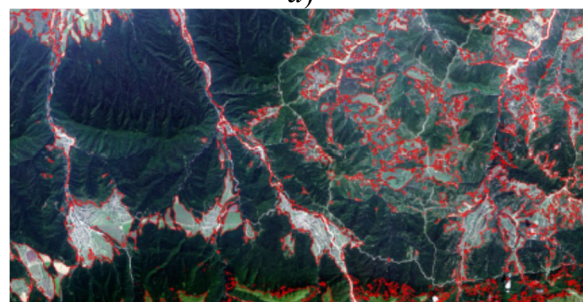
Материалы и методы

Как отмечают авторы [12], аэрофотоснимки и спутниковые снимки успешно используются с начала 2000-х гг. для оценки площади лесных массивов с точностью 80 % для лесных районов и 95 % для вторичных лесов.

Нами в качестве данных дистанционного зондирования Земли использовались снимки Landsat и Sentinel-2. Были отобраны летние снимки, характеризующие состояние местности на 1985 и 2023 гг. (рисунок). Их обработка проводилась такими программными средствами, как ENVI, ArcGis и MapInfo. Для сравнения границ лесов прошлых лет использовались топографические карты масштаба 1 : 200 000.



а)



б)

Результаты автоматизированного дешифрирования снимков Sentinel-2 для равнинной (а) и горной (б) частей ЧР

Как отмечают в [13], важным фактором, определяющим различия площади лесов с официальной статистикой, является землепользование. Методы дистанционного зондирования не позволяют определять тип землепользования, но с их помощью можно классифицировать территорию по их покрытию [14].

В этой связи, в работе мы опираемся на понятие «лесопокрытая территория» – часть лесной площади, на которой фактически растет лес (имеется более или менее сомкнутая древесная растительность) [15], что объясняет различия между полученными нами данными и официальной статистикой.

Оценка климатических изменений на территории Чеченской Республики проводилась с использованием данных метеостанций Грозный и Гудермес (степные ландшафты), Шатой (горно-котловинные ландшафты), Наурская (полупустынные и пустынные ландшафты). Метеостанции республики, расположенные на большей высоте, не имеют достаточного непрерывного ряда наблюдений. В качестве нормы использовались данные [16]. Все расчеты проводились в электронных таблицах Excel.

Результаты

Таблица 1

Изменчивость показателей климата в период с 1961 по 2020 г.

	Наурская	Грозный	Гудермес	Шатой
Температура воздуха, °C				
Min	9,3	8,6	9,2	7,2
Max	13,0	12,6	13,5	11,0
Среднее	11,3	10,9	11,6	9,0
Норма	10,4	10,1	10,8	8,6
Разница	0,9	0,8	0,8	0,4
Осадки, мм				
Min	249	253	204	466
Max	686	784	835	944
Среднее	441	482	489	700
Норма	392	442	433	603
Разница	48,8 (12,4)	39,5 (8,9)	55,8 (12,8)	97,4 (16)
ГТК				
Min	0,3	0,3	0,3	0,9
Max	1,4	1,7	1,6	2,8
Среднее	0,7	0,9	0,8	1,6
Норма	0,70	0,88	0,77	1,53
Разница	0,03	0,02	0,05	0,11

Примечание. Min – минимальное значение показателя; max – максимальное значение показателя; среднее – среднее значение показателя; норма – значение, взятое из [16]; разница – разница между данными за рассматриваемый период с данными из [16].

В целом прирост площади древесной растительности по зонам увлажнения с середины 1980-х гг. по 2023 г. составил 395,8 км², или 10,9 %. (табл. 2).

Таблица 2

Изменение площади лесов по зонам увлажнения на территории Чеченской Республики

Зоны увлажнения (ГТК)	Слеса 1985, км ²	Слеса 2023, км ²	Разница, км ²	Разница, %
Очень засушливая (0,4–0,7)	152,9	163,8	10,9	7,1
Засушливая (0,7–1,0)	578,7	601,9	23,2	4,0
Недостаточно увлажненная (1,0–1,3)	854,3	940,8	86,5	10,1
Лесная влажная (1,3–1,6)	662,5	676,1	14,3	2,2
Влажная (1,6–2,0)	579,1	619,2	40,1	6,9
Избыточно влажная (2,0–3,0)	620,2	776,5	156,3	25,2
Крайне влажная (3,0 и более)	191,3	255,7	64,4	33,7
Всего	3 638,8	4 034,5	395,8	10,9

Минимальный прирост отмечается в очень засушливой и засушливой зонах, где показатель ГТК варьирует от 0,4 до 1,0. Прирост лесных площадей на этой территории связан со снижением антропогенной нагрузки. Также маленький прирост лесных площадей отмечается

в лесной влажной и влажной зонах. Здесь минимальный прирост лесов объясняется тем, что данная территория оптимальна для их произрастания.

Значительный прирост древесной растительности (10 %) отмечается в зоне недоста-

точного увлажнения, в этой зоне произрастает как степной, так и лесной тип растительности. Улучшение тепло- и влагообеспечения данной территории способствует увеличению лесопокрытых площадей.

Что касается наиболее возвышенной части Чеченской Республики, где отмечаются наиболее влажные условия, то здесь отмечается наиболее существенный прирост лесной растительности (от 25 до 34 %) за счет изменения верхней границы леса.

В административном отношении максимальный прирост лесопокрытых территорий (более 25 %) приходится на Надтеречный, Шаройский и Итум-Калинский районы (табл. 3). Если в Надтеречном районе отмечается снижение антропогенной нагрузки на лесопокрытые территории (рубки, выпас мелкого рогатого скота), то в Шаройском и Итум-Калинском повышении границы леса мы связываем с улучшением условий теплообеспечения территории.

Таблица 3

Изменение площади древесной растительности по муниципальным образованиям

Муниципальное образование	1985	2023	Разница, км ²	Разница, %
г. Аргун	23,1	23,6	0,6	2,4
г. Грозный	43,0	36,2	-6,8	-15,8
Ачхой-Мартановский район	300,9	332,9	32,0	10,6
Веденский район	446,7	486,8	40,1	9,0
Грозненский район	76,0	81,1	5,1	6,7
Гудермесский район	146,8	146,7	-0,1	-0,1
Итум-Калинский район	363,8	458,6	94,8	26,1
Курчалойский район	168,4	188,8	20,4	12,1
Надтеречный район	33,4	61,9	28,4	85,1
Наурский район	52,6	60,7	8,2	15,5
Ножай-Юртовский район	313,1	368,8	55,7	17,8
Серноводский район	130,2	126,1	-4,1	-3,1
Урус-Мартановский район	475,9	493,7	17,8	3,7
Шалинский район	244,8	244,5	-0,3	-0,1
Шаройский район	117,7	147,5	29,8	25,3
Шатойский район	551,0	623,3	72,3	13,1
Шелковской район	151,5	153,4	1,9	1,3
Всего	3 638,9	4 034,6	395,8	10,9

Обсуждение

Согласно исследованиям [18, 19] в горных ландшафтах Северного Кавказа отмечается увеличение годовой температуры воздуха в период с 1960 по 2020 г. в среднем на 0,5 °С, улучшились агроклиматические показатели, характеризующие теплообеспечение территории. Отмечается перераспределение осадков в течение года, о чем говорят показатели ГТК. Таким образом, можно говорить об улучшении условий тепло- и влагообеспечения вегетационного периода. Соответственно, сложились благоприятные условия для повышения границы леса.

Заключение

На территории Чеченской Республики в период с 1961 по 2020 г. отмечается увеличение годовой температуры в сравнении с нормой. Осадки также увеличились, максимальный их прирост отмечается в горно-котловинных ландшафтах. ГТК, характеризующий условия увлажнения в период активной вегетации, существенно претерпел изменения также в горно-котловинных ландшафтах. Климатические изменения нашли отклик в лесных ландшафтах. Так, на территории Чеченской Республики в 2023 г. отмечается увеличение лесопокрытых площадей на 10,9 % в сравнении с 1985 г. Мак-

симальный прирост лесов отмечается в избыточно и крайне влажных зонах, где ГТК более 2. В административном отношении это Шаройский, Итум-Калинский районы. Увеличение площади лесов в этих зонах произошло за счет повышения границы леса. Также следует отметить рост лесных территорий более чем на 25 % в Надтеречном районе, где основной причиной увеличения лесопокрытых территорий стало снижение антропогенной нагрузки. Данные, полученные в ходе настоящего исследования, будут полезны для корректировки Лесного

плана Чеченской Республики и адаптации лесопользования в условиях меняющегося климата.

Благодарности

Работа выполнена в рамках госзадания ГГНТУ им. академика М. Д. Миллионщикова FZNU-2024-0001 «Оценка влияния современных климатических изменений на природные и природно-антропогенные комплексы (на примере Чеченской Республики)».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барталев С. А., Стыцено Ф. В. Космические исследования лесов // Земля и Вселенная. – 2020. – №6. – С. 5–17. – DOI 10.7868/S0044394820060018. – EDN DNOJLD.
2. Логинов В. Г., Кубарев М. С., Литвинова А. А. Лесные ресурсы: специфические особенности функционирования и использования // Экономика и социум. – 2017. – № 1(32). – С. 118–136. – EDN YGKCAH.
3. Писаренко А. М. Вклад лесов России в углеродный баланс планеты и проблема лесопользования // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов России». – 2000. – № 6. – С. 54–66.
4. Уткин А. И. Леса России как резервуар органического углерода биосферы // Лесоведение. – 2001. – № 5. – С. 8–23. – EDN RYOGIP.
5. Байраков И. А. Почвенно-экологический мониторинг лесных экосистем Чеченской Республики. // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. – 2021. – Т. 7 (73). – № 2. – С. 236–248. – EDN GDTZVP.
6. Кудусов И. И. Экономико-географический анализ использования лесных ресурсов Чеченской Республики // Природопользование и устойчивое развитие регионов России. Всероссийская научно-практическая конференция : сб. материалов (Пенза 15–16 июня 2021 г.). – Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – С. 271–274. – EDN VYWWAH.
7. Сатуева Л. Л., Алахвердиев Ф. Д. Эколого-экономическая оценка лесных ресурсов Чеченской Республики // Московский экономический журнал. – 2020. – № 6. – С. 127–134. – DOI 10.24411/2413-046X-2020-10445. – EDN CKLXIE.
8. Хасханова Х. Х., Гакаев Р. А., Гайсумова Л. Д. Социально-экономические аспекты развития горных территорий Чеченской Республики // Проблемы и перспективы экономики и управления. IV Междунар. науч. конф. : сб. материалов (Санкт-Петербург, декабрь 2015 г.). – СПб. : Свое издательство, 2015. – С. 70–73. – EDN VCYLKL.
9. Керимов И. А., Бекмурзаева Л. Р. Современные агроклиматические условия горных ландшафтов Северного Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. – 2022. – Т. 14, № 4. – С. 555–563. – DOI 10.21177/1998-4502-2022-14-4-555-563. – EDN YBTDOF.
10. Керимов И. А., Братков В. В., Бекмурзаева Л. Р. Современные климатические условия и агроклиматический потенциал ландшафтов Чеченской Республики // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2023. – Т. 8, № 3 (33). – С. 19–26. – DOI 10.25744/genb.2023.33.3.004. – EDN QGQOIB.
11. Kerimov I. A., Bratkov V. V., Bekmurzaeva L. R. Analysis of the Variability of Agroclimatic Conditions of Semi-Desert and Desert Landscapes in the Northern Caucasus for Agricultural Purposes // Arid Ecosystems. – 2023. – Vol. 13. – No. 4. – P. 501–506. – DOI 10.1134/S2079096123040030. – EDN DLPQVV.

12. Hycza T., Kamińska A., Stereńczak K. The Use of Remote Sensing Data to Estimate Land Area with Forest Vegetation Cover in the Context of Selected Forest Definitions // *Forests*. – 2021. – No 12. – p. 1489. – DOI 10.3390/f12111489. – EDN ALCKWN.
13. Seebach L. M., Strobl P., San Miguel-Ayanz J., Gallego J., Bastrup-Birk A. Comparative analysis of harmonized forest area estimates for European countries. *Int. J. For. Res.* – 2011. – No 84. – P/ 285–299. – DOI 10.1093/forestry/cpr013. – EDN: OMILNV.
14. Romijn E., Ainembabazi J. H., Wijaya A., Herold M., Angelsen A., Verchot L., Murdiyarso D. Exploring different forest definitions and their impact on developing REDD+ reference emission levels: A case study for Indonesia. *Environ. Sci. Policy*. – 2013. – No 33. – P. 246–259. – DOI 10.1016/j.envsci.2013.06.002.
15. Реймерс Н. Ф. Охрана природы и окружающей человека среды : слов.-справ. – М. : Просвещение, 1992. – 173 с.
16. Справочник по климату СССР. Вып. 13. Ч. 2 /Под ред. В. Ф. Проценко – Л. : Гидрометиздат, 1966. – 492 с.
17. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / Науч. ред. С. М. Семёнов. – М. : Росгидромет, 2012. – 512 с.
18. Бекмурзаева Л. Р., Заурбеков Ш. Ш., Братков В. В. Изменчивость агроклиматических условий Чеченской Республики в условиях меняющегося климата // *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки*. – 2020. – Т. 14. № 3. – С. 81–87. – DOI 10.31161/1995-0675-2020-14-3-81-87. – EDN KMPFKY.
19. Керимов И. А., Братков В. В., Бекмурзаева Л. Р. Современные климатические тенденции горных ландшафтов Северного Кавказа на фоне глобального изменения климата // *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки*. – 2022. – Т. 16. № 3. – С. 56–62. – DOI 10.31161/1995-0675-2022-16-3-56-62. – EDN GUUNWA.

Об авторах

Ибрагим Ахмедович Керимов – доктор физико-математических наук, профессор, директор НИИ геоэкологии и природопользования.

Виталий Викторович Братков – доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории климатологии и метеорологии НИИ геоэкологии и природопользования.

Екатерина Юрьевна Холопова – студентка картографического факультета.

Луиза Руслановна Бекмурзаева – кандидат географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории климатологии и метеорологии НИИ геоэкологии и природопользования.

Получено 21.08.2024

© И. А. Керимов, В. В. Братков,
Е. Ю. Холопова, Л. Р. Бекмурзаева, 2025

Assessment of changes in the forested areas of the Chechen Republic using GIS technologies

I. A. Kerimov¹, V. V. Bratkov¹, E. Yu. Kholopova², L. R. Bekmurzayeva^{1✉}

¹Millionshchikov Grozny State Oil Technical University, Grozny, Russian Federation

²Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russian Federation

e-mail: eip-eco2017@yandex.ru

Annotation. The purpose of the study is to analyze changes in the area of woody vegetation of the Chechen Republic using GIS technologies. To assess the change in the forest area of the Chechen Republic, summer Landsat (1985 and 2023) and Sentinel-2 (2023) images were used. Topographic maps of 1:200,000 scale were used to compare the boundaries of forests of previous years. The processing of the material was carried out by such software tools as ENVI, ArcGIS and MapInfo. An assessment of the current state of woody vegetation has shown that in the Chechen Republic there is an increase in forested areas by 10.9% compared to 1985. The maximum growth of forests is observed in an excessively humid zone, where the hydrothermal coefficient of G. T. Selyaninov is greater than 2. It was revealed that the increase in forested areas in the Chechen Republic occurred due to an increase in the forest boundary.

Keywords: forested areas, GIS technologies, Earth remote sensing data

REFERENCE

1. Bartalev, S. A., Stytsenko, F. V. (2020) Space research of forests. *Zemlya i Vselennaya [Earth and Universe]*, 6, 5–17. DOI 10.7868/S0044394820060018. EDN DNOJLD [In Russian].
2. Loginov, V. G., Kubarev, M. S., & Litvinova, A. A. (2017). Forest resources: specific features of functioning and use. *Ekonomika i socium [Economy and society]*, 1(32), 118–136. EDN YGKCAH. [In Russian].
3. Pisarenko, A. M. & et al. (2000). The contribution of Russian forests to the carbon balance of the planet and the problem of forest management. *Byulleten «Ispolzovanie i ohrana prirodnih resursov Rossii» [Bulletin "Use and protection of natural resources of Russia"]*, 6, 54–66. [In Russian].
4. Utkin, A. I. (2001). Forests of Russia as a reservoir of organic carbon of the biosphere. *Lesovedenie [Forest science]*, 5, 8–23. EDN RYOGIP [In Russian].
5. Bayrakov, I. A. (2021) Soil and ecological monitoring of forest ecosystems of the Chechen Republic. *Uchyonye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya [Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology]*, 7 (73), 236–248. EDN GDTZVP [In Russian].
6. Kudusov, I. I. (2021). Economic and geographical analysis of the use of forest resources of the Chechen Republic. *Prirodopolzovanie i ustojchivoe razvitie regionov Rossii. Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya: sbornik materialov [Environmental management and sustainable development of Russian regions. All-Russian Scientific and Practical conference: collection of materials]* Penza: Penza State Agrarian University Publ. pp. 271–274. EDN VYWWAH [In Russian].
7. Satueva, L. L., & Alakhverdiev, F. D. (2020). Ecological and economic assessment of forest resources of the Chechen Republic. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal [Moscow Economic Journal]*, 6, 127–134. DOI 10.24411/2413-046X-2020-10445. EDN CKLXIE [In Russian].
8. Khasanova, H. H., & Gakaev, R. A., Gaisumova people (2015). Socio-economic aspects of the development of the mountainous territories of the Chechen Republic. *Problemy i perspektivy ekonomiki i upravleniya. IV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii: sbornik materialov [Problems and prospects of economics and management. IV International Scientific Conference: collection of materials]* St. Petersburg: Own publishing house. pp. 70–73. EDN VCYLKL [In Russian].
9. Kerimov, I. A., & Bekmurzayeva, L. R. (2022) Modern agro-climatic conditions of mountain landscapes of the North Caucasus. *Ustojchivoe razvitie gornyh territorij [Sustainable development of mountain areas]*, 14, 555-563. DOI 10.21177/1998-4502-2022-14-4-555-563. EDN YBTDOF [in Russian].
10. Kerimov, I. A., Bratkov, V. V., & Bekmurzayeva, L. R. (2023). Modern climatic conditions and agro-climatic potential of landscapes of the Chechen Republic. *Groznenskiy estestvennonauchnyj byulleten [Grozny Natural Science Bulletin]*, 3(33), 19–26. DOI: 10.25744/genb.2023.33.3.004. EDN QGQOIB [In Russian].

11. Kerimov, I. A., Bratkov, V. V., & Bekmurzaeva, L. R. (2023). Analysis of the Variability of Agroclimatic Conditions of Semi-Desert and Desert Landscapes in the Northern Caucasus for Agricultural Purposes. *Aridnye ekosistemy [Arid Ecosystems]*, Vol. 13, No. 4, 501–506. DOI 10.1134/S2079096123040030. EDN DLPQVV [in English]
12. Hycza, T., Kamińska, A., Stereńczak, K. (2021). The Use of Remote Sensing Data to Estimate Land Area with Forest Vegetation Cover in the Context of Selected Forest Definitions. *Lesy [Forests]*, No 12, 1489. DOI 10.3390/f12111489. EDN ALCKWN. [in English].
13. Seebach, L. M., Strobl, P., San Miguel-Ayanz, J., Gallego, J., Bastrup-Birk, A. (2011). Comparative analysis of harmonized forest area estimates for European countries. *Int. J. For. Res [Int. J. For. Res]*. No 84, 285–299. – DOI 10.1093/forestry/cpr013. – EDN OMILNV. [in English].
14. Romijn, E., Ainembabazi, J. H., Wijaya, A., Herold, M., Angelsen, A., Verchot, L., & Murdiyarso, D. (2013). Exploring different forest definitions and their impact on developing REDD+ reference emission levels: A case study for Indonesia. *Environmental. Sci. Policy [Environ. Sci. Policy]*, No 33, 246–259. DOI 10.1016/j.envsci.2013.06.002 [in English].
15. Reimers, N. F. (1992). *Ohrana prirody i okruzhayushchej cheloveka sredy: slovar-spravochnik [Protection of nature and the human environment: Words.-reference]*, 173 pp. [In Russian].
16. Protsenko, V. F. (Ed). (1966). *Spravochnik po klimatu SSSR [Reference book on the climate of the USSR]*. Leningrad.: Hydrometeorological publishing house [In Russian].
17. Semenov, S. M. (Ed.) (2012). *Metody ocenki posledstvij izmeneniya klimata dlya fizicheskikh i biologicheskikh sistem [Methods for assessing the effects of climate change on physical and biological systems]*, 512 p. [In Russian].
18. Bekmurzayeva, L. R., Zaurbekov, Sh. Sh., Bratkov, V. V. (2020) Variability of agro-climatic conditions of the Chechen Republic in a changing climate. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki [Proceedings of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences]*, 14, pp. 81–87. DOI 10.31161/1995-0675-2020-14-3-81-87. EDN KMPFKY [In Russian].
19. Kerimov I.A., Bratkov V.V., Bekmurzayeva L.R. (2022). Modern climatic trends of the mountain landscapes of the North Caucasus against the background of global climate change. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki [Proceedings of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences]*, №3, pp. 56-62. DOI 10.31161/1995-0675-2022-16-3-56-62. EDN GUUNWA. [In Russian].

Author details

Ibragim A. Kerimov – Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor, Director of the Research Institute of Geoecology and Nature Management.

Vitaliy V. Bratkov – Doctor of Sciences in Geography, Professor, chief scientific officer of the Laboratory of Climatology and Meteorology, Research Institute of Geoecology and Nature Management.

Ekaterina Yu. Kholopova – Student of the Cartographic Faculty.

Luiza R. Bekmurzaeva – Ph.D. of Geographic Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Laboratory of Climatology and Meteorology.

Received 21.08.2024

© I. A. Kerimov, V. V. Bratkov,
E. Yu. Kholopova, L. R. Bekmurzayeva, 2025