

Оригинальная статья / Original article

УДК 528.8

DOI: 10.18470/1992-1098-2025-4-19



Опыт картографирования ландшафтов Макажойской котловины на основе данных дистанционного зондирования Земли

Виталий В. Братков^{1,2}, Рашия Х. Бекмурзаева², Надира О. Гусейнова³¹Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия²Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, Грозный, Россия³Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия**Контактное лицо**

Виталий В. Братков, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой географии, Московский государственный университет геодезии и картографии; 105064 Россия, г. Москва, Гороховский пер., 4.

Тел. +74994041220 доб. 3211

Email ybratkov@mail.ruORCID <https://orcid.org/0000-0001-5072-1859>**Формат цитирования**

Братков В.В., Бекмурзаева Р.Х., Гусейнова Н.О. Опыт картографирования ландшафтов Макажойской котловины на основе данных дистанционного зондирования Земли // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 4. С. 207-217. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-4-19

Получена 7 сентября 2025 г.

Прошла рецензирование 14 октября 2025 г.

Принята 25 октября 2025 г.

Резюме

Цель: составление среднемасштабной ландшафтной карты Макажойской котловины, в которой располагается карбоновый полигон ЧГУ им. А.А. Кадырова, на основе данных дистанционного зондирования Земли среднего и высокого пространственного разрешения.

Анализ разнообразных данных дистанционного зондирования Земли в среде ГИС. Для анализа и оценки вклада рельефа в формирование ландшафтов использованы цифровая модель рельефа и производные растровые изображения, полученные на ее основе (крутизна и экспозиция склонов, горизонтальное и вертикальное расчленение, распределение солнечной радиации по изучаемой территории). Оценка термических условий дана на основе температуры земной поверхности. Общие черты увлажнения территории и пространственного размещения растительного покрова определялись на основе спектральных/вегетационных индексов. Составленная карта является одной из основных в формирующейся ГИС карбонового полигона ЧГУ им. А.А. Кадырова.

На основе цифровой модели рельефа и мультиспектральных снимков с использованием ГИС-технологий создан ряд тематических карт. Серия карт, полученная на основе цифровой модели рельефа, позволила оценить его вклад в процессы дифференциации и интеграции ландшафтов различных классификационных единиц. Выявленные относительно однородные участки далее сопоставлялись со спектральными снимками, которые позволили оценить пространственное распределение растительного покрова. В результате создана ландшафтная карта до уровня видов ландшафтов. Итогом комплекса исследований, сочетающих полевые наблюдения и обработку данных дистанционного зондирования Земли, стала ландшафтная карта Макажойской котловины, на которой нашли отражение 3 типа, 3 подтипа, 3 рода и 9 видов ландшафтов, относящихся к классу горных.

Ключевые слова

Природный ландшафт, классификация ландшафтов, дистанционное зондирование Земли, цифровая модель рельефа, спектральные/вегетационные индексы, ГИС-технологии, Макажойская котловина.

Experience in mapping landscapes of the Makazhoy basin, Chechnya, Russia based on remote sensing data

Vitaly V. Bratkov^{1,2}, Rashia Kh. Bekmurzaeva² and Nadira O. Guseynova³

¹Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

²A.A. Kadyrov Chechen State University, Grozny, Russia

³Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Vitaly V. Bratkov, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Department of Geography, Moscow State University of Geodesy and Cartography; 4 Gorokhovskiy Lane, Moscow, Russia 105064.

Tel. +74994041220 add 3211

Email vbratkov@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5072-1859>

How to cite this article

Bratkov V.V., Bekmurzaeva R.Kh., Guseynova N.O. Experience in mapping landscapes of the Makazhoy basin, Chechnya, Russia based on remote sensing data. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(4):207-217. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-4-19

Received 7 September 2025

Revised 14 October 2025

Accepted 25 October 2025

Abstract

The objective was to compile a medium-scale landscape map of the Makazhoy basin, in which the Kadyrov CHSU carbon landfill is located, based on data from remote sensing of the Earth of medium and high spatial resolution.

Analysis of various Earth remote sensing data in the GIS environment was performed. To analyse and evaluate the contribution of relief to the formation of landscapes, a digital relief model and derived raster images obtained on its basis (steepness and exposure of slopes, horizontal and vertical dissection and distribution of solar radiation over the studied area) were used. The thermal conditions were estimated based on the temperature of the Earth's surface. The general features of humidification of the territory and spatial distribution of vegetation cover were determined on the basis of spectral/vegetation indices. The compiled map compiled is one of the main undertakings in the emerging GIS of the carbon polygon of the A.A. Kadyrov Chechnyan State University.

A number of thematic maps have been created based on a digital relief model and multispectral images using GIS technologies. A series of maps obtained on the basis of a digital relief model made it possible to assess its contribution to the processes of differentiation and integration of landscapes of various classification units. The relatively homogeneous areas identified were then compared with spectral images, which made it possible to estimate the spatial distribution of vegetation cover. As a result, a landscape map has been created up to the level of landscape types.

The result of a complex of studies combining field observations and processing of Earth remote sensing data was a landscape map of the Makazhoy basin, which reflected 3 types, 3 subtypes, 3 genera and 9 types of landscapes belonging to the class of mountainous.

Key Words

Natural landscape, classification of landscapes, remote sensing of the Earth, digital relief model, spectral/vegetation indexes, GIS technologies, Makazhoy basin.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования ландшафтов, независимо от задач и охвата территории, обязательно сопровождаются разработкой ландшафтной карты. Данная карта отображает размещение природно-территориальных комплексов (от наиболее низких до наиболее высоких их рангов) и их пространственное соотношение [1]. Ландшафтные карты являются синтетическими, поскольку отражают типологическое районирование территории по комплексу показателей. Их составляют для решения как теоретических проблем, так и для прикладных и образовательных целей. В настоящее время эти карты широко используются для территориального планирования и рационального использования природных ресурсов.

Ландшафтное картографирование представляет собой выявление на местности границ и структуры ландшафтного комплекса и нанесение их на карту. Традиционно оно опирается на полевые исследования, в ходе которых объектом изучения являются наименьшие морфологические части ландшафта (фации, урочища). Эти карты обычно составляются в крупном масштабе и при их разработке используются соответствующие топографические и тематические карты, а основным полевым методом является профилирование. Также при полевом ландшафтном картографировании применялись данные дистанционного зондирования Земли, первоначально в виде аэрофотоснимков. Во второй половине XX века для целей ландшафтного картографирования стали использоваться данные дистанционного зондирования Земли – космические снимки. Они считаются одними из наиболее эффективных источников получения информации о земной поверхности и представляют собой результат измерений ее физических свойств в различных спектральных каналах. Использование космических снимков позволяет оперативно получать объективную, массовую, разнообразную информацию о природных комплексах и их состояниях, дает возможность изучать пространственно-временные изменения, а также современную структуру и динамику ПТК.

Еще одним достоинством применения космических снимков для исследования ландшафтов является также то, что для изучения малодоступных территорий не требуется организация традиционных полевых экспедиций, а после предварительной обработки снимков необходимо провести вместо затратного по времени и ресурсам полевого профилирования проверочные маршрутные исследования для уточнения отдельных деталей ландшафтной структуры района.

Как и карты, космические снимки с точки зрения пространственного разрешения подразделяются на низкого, среднего, высокого и сверхвысокого разрешения. Снимки низкого разрешения характеризуются обширным охватом территории и позволяют осуществлять мелкомасштабное картографирование обширных территорий, охватывающих одну или несколько физико-географических стран. Снимки среднего пространственного разрешения полезны для выделения ландшафтов в пределах физико-географической карты страны и ее провинций. Наконец, снимки высокого пространственного разрешения (10 м в пикселе) позволяют осуществлять картографирование на локальном уровне с выделением низких классификационных единиц ландшафта.

Еще одним важным вопросом картографирования ландшафтов является выбор их классификационной системы с обоснованием критериев выделения тех или иных единиц. Коллектив авторов под руководством Н.А. Гвоздецкого составил в масштабе 1:600 000 ландшафтную карту Азербайджанской [2]. Разработанную систему классификационных единиц в дальнейшем использовали для составления ландшафтной карты Кавказа в масштабах 1:1 000 000 [3] и 1:500 000. Она включает в себя следующие единицы: класс – тип – подтип – род – вид ландшафтов [4]. При выделении классов ландшафтов определяющим является рельеф, в связи с чем выделяются горные и равнинные ландшафты. Тип ландшафтов определяется общими чертами морфоструктуры рельефа, находящей свое выражение в ярусности гор и наиболее общими чертами климата, который классифицируется по термическим условиям и условиям увлажнения. Эти факторы находят свое отражение в почвенно-растительном покрове и наиболее общем характере гидрологических условий. Род ландшафтов идентифицируется по ведущему типу рельефа в границах морфоструктурного яруса, где распространена конкретная геологическая формация. Дополнительными дифференцирующими признаками выступают локальные климатические особенности, предопределяющие состав растительных сообществ и почвенный покров. Особую роль в этой классификации играет характер пространственного размещения элементарных ПТК, обусловленный градиентами увлажнения, тепла и мезоформ рельефа. При дифференциации ландшафтов на роды обязательным условием является специфичность этой схемы, заключающаяся в отличии характера принципиального распределения элементарных ПТК одного рода от другого. Дальнейшая систематика ландшафтов связана с детализацией указанных условий.

Данная система классификационных единиц соответствует взглядам Н.А. Солнцева [5], который считал, что ландшафтообразующие факторы по своей структуре сложны и разнообразны. Он считал их неравнозначными и в порядке убывания «силы» подразделял на 3 группы: 1) литогенную (геологическое строение, литология поверхностных пород и рельеф); 2) гидроклиматическую (климат, воды); 3) биогенную (почвы, растительность, животный мир). Н.Л. Беручашвили [6] применительно к Кавказу выделял ороклиматические, высотные, высотно-гипсометрические, экспозиционные, структурно-петрографические, локальные и антропогенные факторы ландшафтной дифференциации. При этом он отмечал, что данный вопрос для этого региона еще окончательно не проработан.

В этой связи на первом этапе составления ландшафтной карты необходим анализ рельефа, который в горах является основным фактором дифференциации ландшафтов. В настоящее время анализ рельефа удобно осуществлять на основе его цифровой модели. При выделении наиболее высоких классификационных единиц ландшафтов необходим анализ прежде всего высотных отметок, которые отмечаются в пределах изучаемой территории и обуславливают, прежде всего, высотный ярус рельефа, от которых, в свою очередь, зависит структура высотной поясности. Рельеф, как следует из приведенных выше аргументов, оказывает влияние на климат в связи с наличием склонов разной экспозиции и крутизны в пределах ярусов, что приводит к перераспределению потоков тепла и влаги. Наконец, при

выделении более мелких классификационных единиц ландшафтов имеет значение горизонтальное и вертикальное расчленение рельефа, которое также в настоящее время довольно просто выявить на основе ЦМР.

Что касается анализа климатических условий, то общее представление о распределении солнечной энергии на изучаемой территории также можно получить на основе цифровой модели рельефа: в среде ГИС при помощи соответствующего инструментария можно построить растровые изображения, отражающие пространственное распределение солнечной радиации и ее составляющих как на отдельные временные отрезки, так и на любой день в течение года. Таким образом, данные такого рода позволяют оценить энергетический потенциал территории и провести ее районирование. Данные о пространственном распределении температуры можно получить, используя соответствующие каналы космических аппаратов. Например, аппаратура спутников серии Landsat содержит диапазоны TIRS, которые измеряют температуру земной поверхности на момент съемки. Если на изучаемой территории имеются метеорологические станции, можно получить представление о температуре воздуха.

Прямых данных о величине осадков высокого пространственного разрешения в настоящее не имеется. Поэтому для оценки увлажнения территории можно использовать различные спектральные индексы. К числу индексов такого рода можно отнести, например, NDWI (Normalized Difference Water Index, нормализованный разностный водный индекс). Он позволяет выявить собственно водные объекты, а также оценить запас влаги в растительном покрове. MSI (Moisture Stress Index) — спектральный индекс, который показывает уровень содержания влаги в листьях растений.

Среди спектральных индексов, которые позволяют оценить различные параметры растительного покрова, традиционными являются NDVI и SAVI. Однако, как показал предварительный анализ, они довольно слабо отражают картину распределения растительного покрова на изучаемой территории, поэтому вместо них мы использовали спектральный/вегетационный индекс LAI (Leaf Area Index) — листовой индекс, или индекс листовой поверхности. Он показывает, какая площадь листьев приходится на единицу площади земли или субстрата (м^2 листьев на 1 м^2 поверхности) и в нашем случае адекватно отражает характер растительного покрова на территории Макажойской котловины.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве исходных материалов при составлении ландшафтной карты Макажойской котловины использовались цифровая модель рельефа Европейского космического агентства с разрешением 27 м для района исследования, а также мультиспектральные данные дистанционного зондирования среднего (20 м) и высокого (10 м) пространственного разрешения в оптическом диапазоне Sentinel-2, отражающие состояние местности на середину августа. Наряду с ними использовались данные Landsat, имеющие разрешение 30 м. При работе с растровыми изображениями использовался инструментарий ArcGis (модуль Spatial Analyst Tools). При обработке мультиспектральных снимков использовался модуль Sentinel Index Toolbox, который устанавливается в программу ArcGis и позволяет выполнять такие операции, как вычисление различных спектральных/вегетационных

индексов, доступных при обработке снимков данного сенсора. Далее полученные растровые изображения использовались для оценки природных условий территории Макажойской котловины для формирования классификационных единиц ландшафтов. Составление и оформление собственно ландшафтной карты проводилось при помощи пакета MapInfo, который позволяет работать как с растровой, так и с векторной графикой и осуществлять тематическое картографирование.

Территория Макажойской котловины располагается в юго-восточной части Чеченской Республики на границе с Республикой Дагестан. Ее природные условия довольно хорошо изучены, а характеристики приведены в целом ряде работ [7–10]. Данная котловина представляет интерес также в связи с тем, что здесь располагается карбоновый полигон Чеченского государственного университета им. А.А. Кадырова, на котором отрабатываются технологии регенеративного животноводства.

Макажойская котловина является частью обширной тектонической депрессии. Большая часть границ котловины приурочена к хребтам: на севере — Кашкерлам с максимальной высшей точкой всей котловины (2805 м); на востоке — отроги Гаготытлоры; на юго-востоке безымянный хребет с вершиной Абдалзабазуль (2604 м). Каньон р. Ансалта является выходом котловины на юго-восток. Юго-западной границей является хребет Хиндойлам, который в крайней юго-западной точке практически под прямым углом поворачивает на север, а далее, от вершины Басхойлам поворачивает на запад-северо-запад до второго выхода из котловины, который проходит по ущелью реки Келой-ахк, являющейся притоком Шаро-Аргун. Далее водораздел выражен не столь отчетливо и уходит на северо-запад к хребту Кашкерлам. Площадь котловины составляет 144 км^2 (рис. 1).

На данную территорию имеются разномасштабные ландшафтные карты, составленные различными авторами [11–13]. Наиболее детальными на данный момент являются карты, составленные на основе ландшафтной карты Кавказа [14].

На территории Кавказа традиционно выделяются низогорный (до 1000 м), среднегорный (1000–2000 м) и высокогорный (более 2000 м) ярусы рельефа. Причем, отметка 2000 м связана не только с рельефом, но и с тем, что выше начинается свободная атмосфера, где на движение воздушных масс подстилающая поверхность оказывает меньшее влияние. Эти показатели довольно просто определяются по цифровой модели рельефа, в связи с чем на территории Макажойской котловины выделяются средне- и высокогорный ярусы. Кроме того, котловинность изучаемой территории определяется тем, что имеется симметрия распределения абсолютных высот на противоположных склонах р. Ахкете.

Следующим значимым параметром рельефа при выделении ландшафтов является преобладающий тип рельефа в пределах морфоструктурного яруса, где преобладает одна или нескольких геологических формаций, которые принимаются во внимание при выделении родов ландшафтов. Территория Макажойской котловины складывается верхнемеловыми отложениями — преимущественно известняками, а в наиболее низких частях присутствуют гравитационные четвертичные отложения. Для более точного подразделения рельефа на типы возможно применение карты густоты

горизонтального расчленения рельефа, при этом наиболее расчлененные участки будут соответствовать эрозионно-аккумулятивному рельефу, а наименее расчлененные – карстово- или эрозионно-денудационному (рис. 2). Участки с максимальной величиной горизонтального расчленения приурочены, во-первых, к наиболее низким частям бассейна в центральной его части, и, во-вторых, к днищу долины реки Ахкете в ее верхней части. Основной ареал участков с максимальным эрозионным расчленением соответствует абсолютным высотам до 1800

м, при этом здесь же наиболее широко распространены склоны с крутизной до 10° , и при этом здесь же характерны наименьшие величины вертикального расчленения рельефа. Участки с данным рельефом характерны для горно-котловинных ландшафтов. Фактически здесь происходит аккумуляция материала, сносимого с более высоких гипсометрических уровней и его накопление с постепенным увеличением толщи. При этом она остается довольно рыхлой и способствует фильтрации влаги.

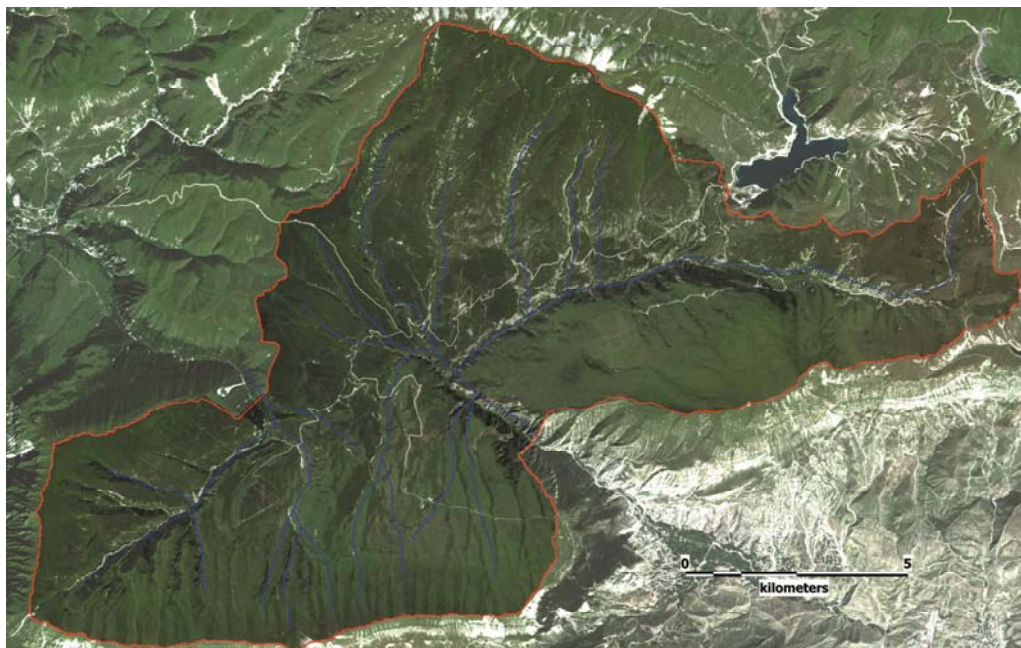


Рисунок 1. Географическое положение и границы Макажойской котловины (космический снимок в естественных тонах на 6 августа 2025 г.)

Figure 1. Geographical location and boundaries of the Makazhoy basin (satellite image in natural colours on August 6, 2025)

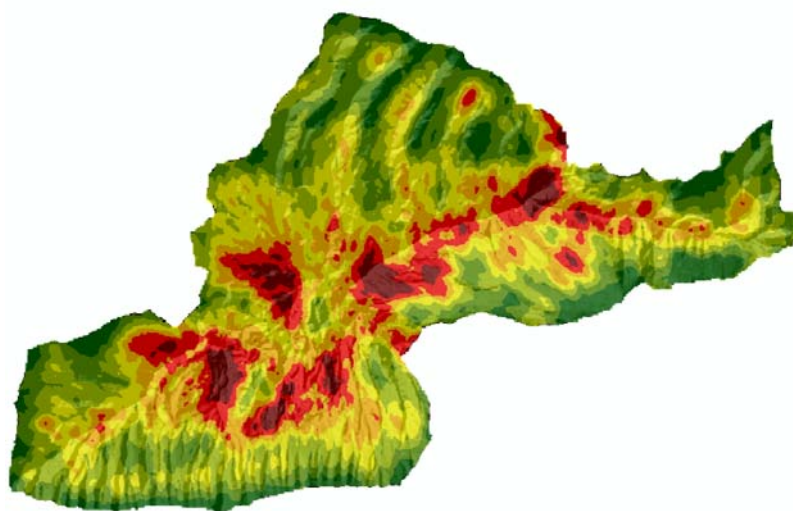
По мере поднятия от дна котловины к наиболее возвышенным частям снижается горизонтальное расчленение, но увеличивается вертикальное, что характерно для высокогорного яруса рельефа. Некоторая поляризация связана с тем, что в этой части Макажойской котловины характерно сочетание относительно пологих привершинных поверхностей с глубоко врезанными местными водотоками, для которых характерны крутые ($30\text{--}45^\circ$) склоны. В этой связи данный рельеф следует отнести к карстово-эрозионному и карстово-денудационному, которые характерны для ландшафтов высокогорного яруса рельефа.

Представление о климатической дифференциации ландшафтов позволяют получить карты экспозиция склонов, а также распределения солнечной радиации (рис. 3). В силу того, что котловина вытянута с востока на запад, основные макросклоны имеют северо-западную и юго-восточную ориентации. В условиях умеренного климатического пояса здесь выделяются солярная и циркуляционная экспозиции. Солярные юго-восточные склоны характеризуются максимальной освещенностью, но минимальным количеством осадков. Циркуляционные северо-западные склоны являются их антиподами: в силу преобладания ветров западных румбов они наиболее влажные, но при этом наименее прогреваемые. Эта поляризация хорошо отражена на схеме распределения суммарной солнечной радиации. Максимальные ее величины характерны для наиболее возвышенных частей хребта Кашкер-лам, где преобладают

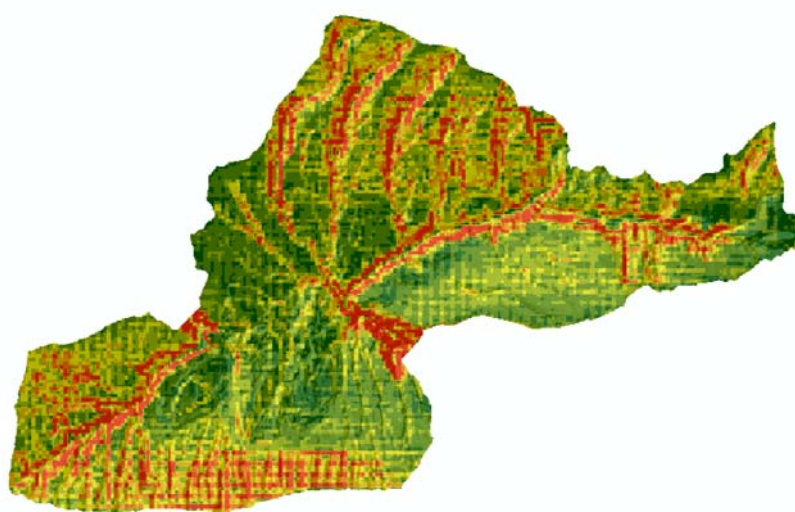
склоны южной и юго-западной экспозиции. На противоположных ему северных склонах хребта Хиндой-лам отмечается минимальная величина суммарной солнечной радиации. Локальные ее снижения отмечаются также в наиболее затененных участках, приуроченных к днищу долины и верховьям р.Ахкете, а также расчлененным участкам в верхних частях склона хребта Кашкер-лам.

Данные экспозиционные различия объясняют распределение температуры земной поверхности по территории Макажойской котловины (рис. 4) в холодный и теплый периоды года. В обоих случаях хорошо видно, что наиболее прогретыми являются юго-восточные склоны от реки Ахкете до наиболее возвышенных частей хребта Кашкер-лам. Второй наиболее теплый участок отмечается в средней части долины р.Келойахк и нижним частях склонов восточной экспозиции хребта Хиндой-лам. Наиболее холодными являются северные склоны хребта Хиндой-лам и весь левый, северо-западный склон р.Ахкете, причем температура понижается от долины реки к наиболее возвышенным частям, хотя в теплое время года более прогретыми являются пологие склоны, прилегающие к долине реки.

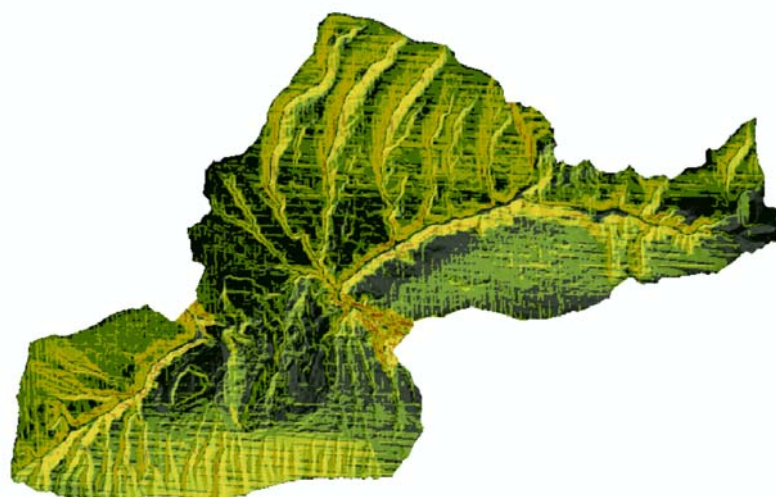
Еще одним довольно надежным источником для составления ландшафтной карты являются различные спектральные индексы, часть из которых позволяет классифицировать растительный покров. Для этих целей мы использовали такие индексы, как NDWI, MSI и LAI (рис. 5).



a/a



б/б



в/в

Рисунок 2. Растровые изображения густоты горизонтального (а) и вертикального (б) расчленения рельефа и крутизны склонов (в) Макажойской котловины

Figure 2. Raster images of the density of the horizontal (a) and vertical (b) divisions of the relief and the steepness of the slopes (c) of the Makazhoy basin

Водный индекс и индекс засушливости в общих чертах зеркально противоположны, поэтому минимальные значения одного соответствуют максимальным значениям другого. Тем не менее они отражают общие черты

распределения растительного покрова на изучаемой территории. Так, наиболее влажными являются наиболее возвышенные части Макажойской котловины, где распространены субальпийские луга. Южные и юго-

восточные склоны хребта Кашкер-лам заняты растительностью сухостепного типа, для которой характерно минимальное содержание воды в растительном покрове. Остальная часть котловины занята группировками травянистой растительности, содержание влаги в которых изменяется в зависимости от

местоположения. Древесная растительность данной местности находит свое отражение только в случае применения индекса листовой поверхности, поэтому его можно применять не только для косвенной оценки условий формирования растительного покрова ландшафтов, но и для целей картографирования.

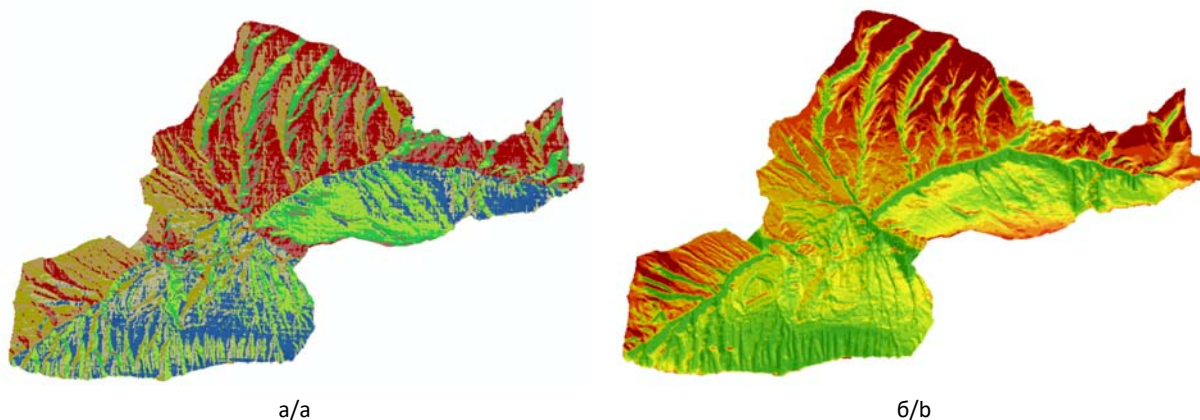


Рисунок 3. Растровые изображения экспозиции склонов (а) и годовой величины суммарной солнечной радиации (б) на территории Макажойской котловины

Figure 3. Raster images of slope exposure (a) and annual total solar radiation (b) in the Makazhoy basin

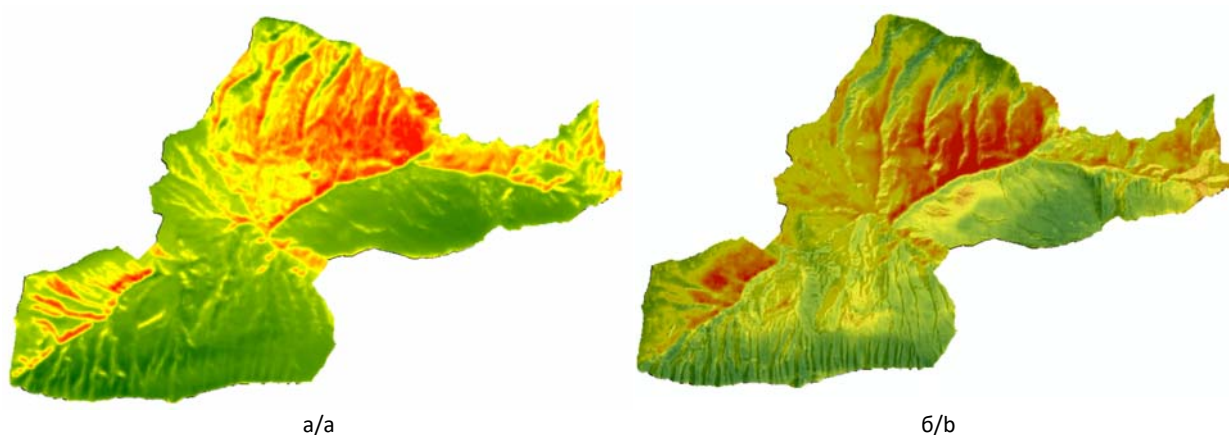
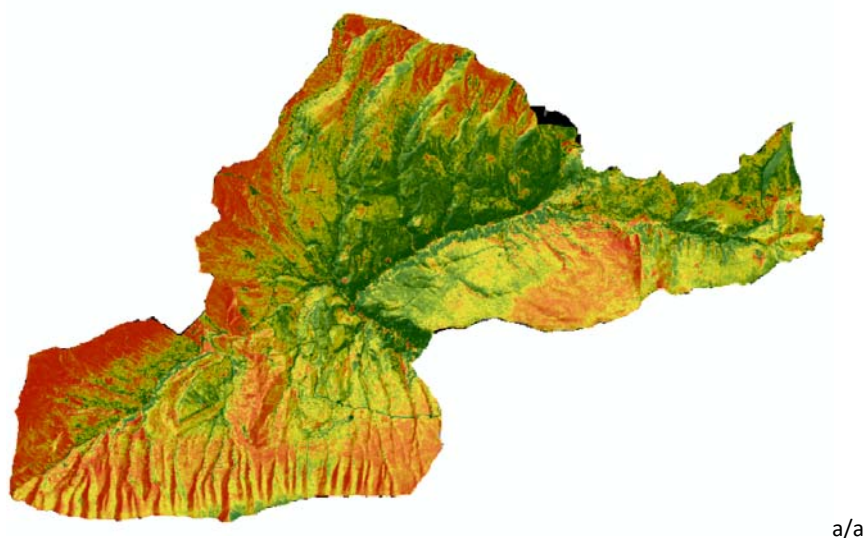


Рисунок 4. Растровые изображения температуры земной поверхности на 15 февраля (а) и 3 августа (б) 2025 г.

Figure 4. Raster images of the Earth's surface temperature in the Makazhoy basin on February 15 (a) and August 3 (b), 2025



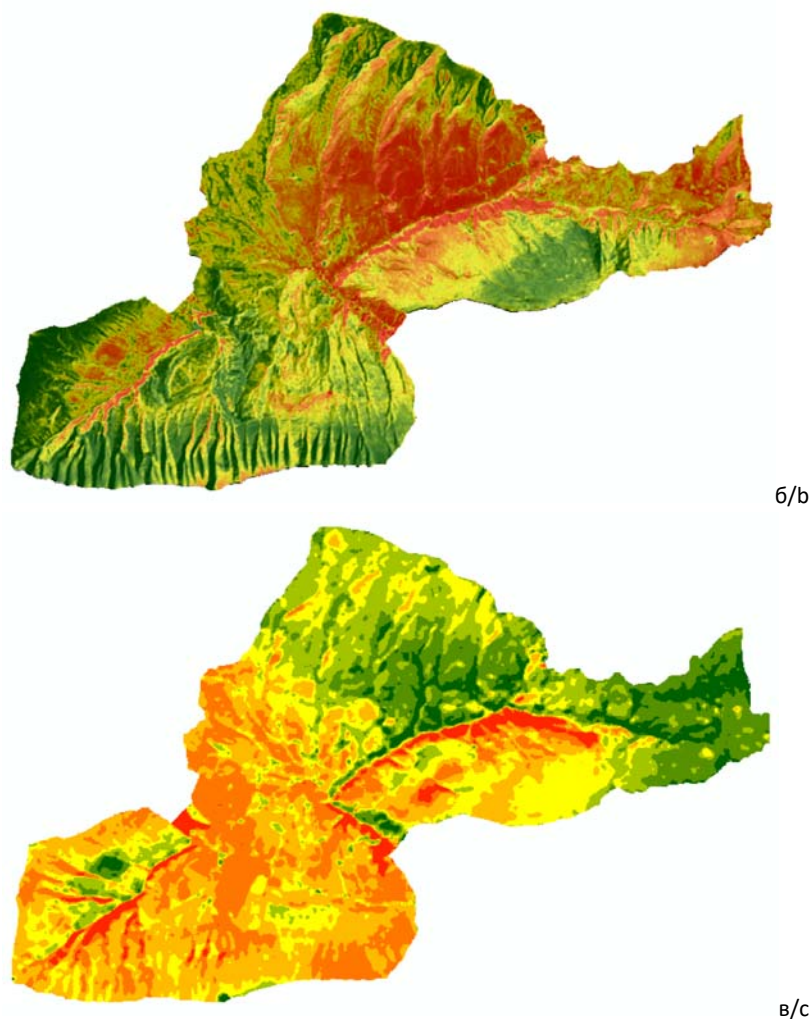


Рисунок 5. Растровые изображения индексов NDWI (а), MSI (б) и LAI (в) территории Макажойской котловины
Figure 5. Raster images of the NDWI (a), MSI (b) and LAI (c) indexes of the Makazoy basin

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результатом последовательных операций, связанных с выделением различных классификационных единиц ландшафтов на основе данных дистанционного зондирования Земли, стала ландшафтная карта Макажойской котловины (рис.6), на которой отражены типы, подтипы, роды и виды ландшафтов.

Высокогорные луговые ландшафты (1) представлены на территории Макажойской котловины высокогорными субальпийскими лесо-кустарниково-луговыми ландшафтами, которые занимают наиболее возвышенные части хребтов, начиная с высоты 1800–2000 м. Как и в остальных частях, здесь представлены карбонатные отложения, поэтому наиболее широко распространен карстово-денудационный и карстово-эрозионный рельеф. Климат здесь более холодный и влажный по сравнению с нижерасположенными частями котловины. Для таких климатических условий типичной является травянистая растительность лугостепного и лугового типов. Имеются также кустарниковые заросли, сформированные можжевельниками. Под лугами развиты горно-луговые почвы различной мощности и щебнистости.

Дифференциация данного ландшафта на виды обусловлена разнообразием местоположений. На хребте Кашкерлам более типичны лугостепи, тогда как на противоположном макросклоне – типичные субальпийские злаково-разнотравные луга на горно-

луговых почвах, в связи с чем выделяется 2 вида ландшафтов.

Горные холодноумеренные ландшафты (2) на территории Макажойской котловины представлены одним подтипом – верхнегорные лесные сосновые и березовые. Данные ландшафты представляют собой верхнюю границу горно-лесной зоны, но здесь они оторваны от основного массива лесов, наиболее широко распространенного на северном склоне Андийского хребта. Данные ландшафты занимают собственную экологическую нишу, связанную с более влажными условиями на северо-западном, наиболее влажном и холодном борту котловины в интервале высот от 1600 до 1800–2000 м. Кроме природных факторов, на распространение этих ландшафтов оказала влияние антропогенная рубка: населению нужны были сенокосы и пастбища. В последние десятилетия, и, особенно в последние несколько лет, в связи с климатическими изменениями наблюдается усиленное лесовосстановление. Кроме того, данные сосновые и березовые леса занимают наиболее крутые склоны в разных частях ущелья р. Ахкете и ее наиболее крупных притоков. Как остальные части бассейна, здесь преобладают выходы карбонатов, поэтому рельеф представлен карстово-денудационными и карстово-эрозионными формами. По сравнению с другими частями котловины здесь отмечаются наиболее влажные и относительно теплые условия, что приводит к

формированию древесной/лесной растительности, среди которой наиболее часто встречаются хвойные (сосна) и мелколиственные (береза) виды. В связи с рубками здесь довольно большие площади занимают послелесные луга, которые, как отмечалось выше, в настоящее время активно осваиваются преимущественно сосновым подростом даже на сравнительно пологих склонах. То есть, коренные леса сохранились в наиболее труднодоступных

местах. Горно-лесные почвы, характерные для лесов, в настоящее время существенно трансформировались.

В связи с тем, что коренная растительность данного типа ландшафтов сохранилась лишь в наиболее труднодоступных местоположениях, дифференциация на виды связана с особенностями послелесных лугов, процессов и стадий лесовосстановления, зависящих от экспозиции и крутизны склонов. В этой связи в пределах данного рода ландшафтов выделяется 3 вида.

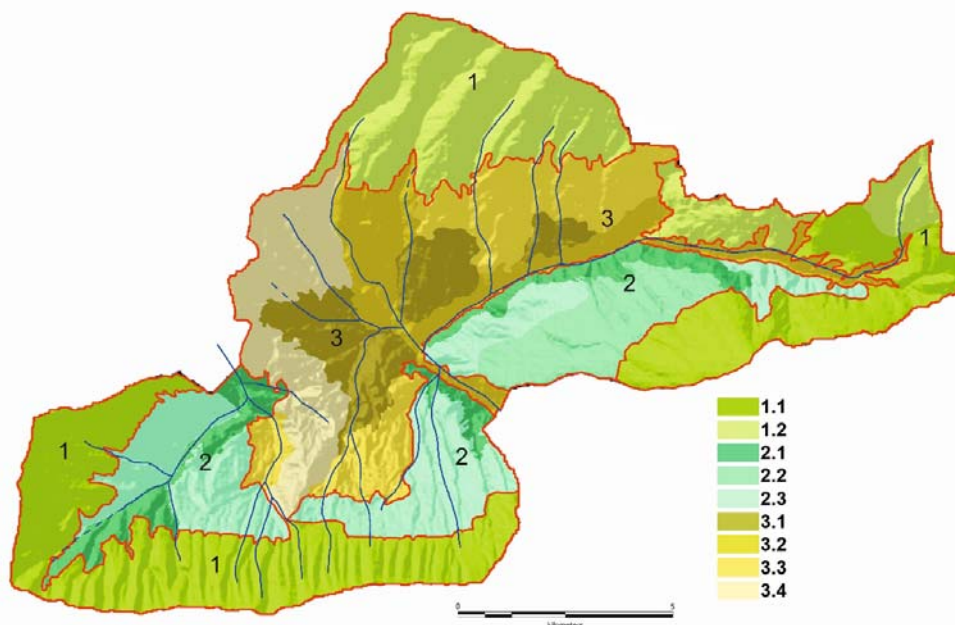


Рисунок 6. Ландшафтная карта Макажойской котловины
Figure 6. Landscape map of the Makazhoy basin

Горные умеренные семиаридные ландшафты приурочены к наиболее низкой части Макажойской котловины в интервале высот от 1300–1600 м, хотя могут подниматься до 1800 м и даже выше. Основной ареал этих ландшафтов связан с юго-восточными склонами, наиболее широко представленными на хребте Кашкерлам. Также они тяготеют к солёным экспозициям в долине р. Ахкете. Господство карбонатных пород приводит к формированию эрозионно-аккумулятивного рельефа, характерного для днища котловины. Здесь наиболее широко представлены склоны крутизной до 10°, хотя в днище долины их крутизна может быть существенно больше. Климатические условия отличаются более высокими по сравнению с другими частями котловины температурами воздуха, что в сочетании с недостатком влаги, приводит к формированию ценозов с ярко выраженными чертами ксероморфизма: шибляков и сообществ горных степей. Шибляки формируются барбарисом, крушиной и др. Горные степи представлены типчаково-ковыльными сообществами, иногда с участием полыни и бородача. На склонах, где увлажнение лучше, распространены луговые степи и остепненные луга. Под такой растительностью развиты горные лугово-степные почвы и рендзины. Для пойменных участков в наиболее нижних частях котловины характерны аллювиальные почвы.

В пределах данного типа ландшафтов выделяется 1 подтип – горно-котловинные степные и шибляковые, который подразделяется на 1 род – горно-котловинные эрозионно-аккумулятивные с горными степями, нередко в комплексе с шибляком. В зависимости от местоположения, определяющего характер

растительности, данный род ландшафта подразделяется на 4 вида, которые приурочены либо к наиболее расчлененным частям котловины в нижней ее части, либо к наиболее расчлененным южным склонам в верхнем течении р. Ахкете. Положение сказывается на характере растительного покрова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ландшафтная карта Макажойской котловины составлена на основе данных дистанционного зондирования Земли среднего и высокого пространственного разрешения. Анализ рельефа осуществлялся на основе цифровой модели рельефа, которая позволяет оперировать не только качественными, но и количественными параметрами, такими как горизонтальное или вертикальное расчленение. Также на основе ЦМР можно оценить распределение солнечной радиации по изучаемой территории и ее роль в формировании ландшафтов. Для оценки влияния термических условий удобно применять каналы TIRS, которые характеризуют температуру земной поверхности. Что касается количества осадков и режима увлажнения территории, то, несмотря на отсутствие таких данных, их можно получить посредством спектральных индексов (NDWI, MSI и др.). Наиболее сложным при составлении ландшафтной карты является дифференциация растительного покрова, поскольку в названии ландшафтов фигурируют растительные ассоциации или формации растительности, выделяемые на основе геоботанических исследований. Спектральные индексы, такие как LAI и аналогичные им, позволяют разделять древесную, кустарниковую и

травянистую растительность. Далее на основе полевых исследований уточняются название выделов на ландшафтной карте. Практически невозможно определить методами дистанционного зондирования также тип почв, поэтому эти данные также получают в ходе полевых наблюдений.

Итогом комплекса исследований, сочетающих полевые наблюдения и обработку данных дистанционного зондирования Земли, стала ландшафтная карта Макажойской котловины, на которой нашли отражение 3 типа, 3 подтипа, 3 рода и 9 видов ландшафтов, относящихся к классу горных. Дальнейшая детализация ландшафтов может быть осуществлена на основе учета таких факторов, как экспозиция и крутизна склонов, на основе чего возможно создать карту, отражающую морфологические части ландшафта, для чего необходимы данные дистанционного зондирования Земли более высокого пространственного разрешения.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена в рамках госзадания ЧГУ им. А.А. Кадырова FEGS-2023-0008.

ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out within the framework of the state tasks FEGS-2023-0008.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щукин И.С. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии. Москва: Советская энциклопедия, 1980. 703 с.
2. Мусеилов М.А., Керемов Н.К., Керимов Ш.Б., Сулейманов М.А. Азербайджанская ССР. Ландшафтная карта. Масштаб 1:600000. Баку: Азербайджанский Ордена Трудового Красного Знамени Государственный Университет им. С.М. Кирова, 1975.
3. Беручашвили Н.Л., Арutyонов С.Р., Тедиашивили А.Г. Ландшафтная карта Кавказа. Масштаб 1:1000000. Тбилиси, 1979.
4. Беручашвили Н.Л. Объяснительная записка к Ландшафтной карте Кавказа. Тбилиси: Изд-во ТГУ, 1980. 54 с.
5. Солнцев Н.А. О взаимоотношении «живой» и «мертвой» природы // Вестник Московского университета. Серия 5 География. 1960. Т. 6. С. 7–11.
6. Беручашвили Н.Л. Кавказ: ландшафты, модели, эксперименты. Тбилиси: Изд-во ТГУ, 1995. 315 с.
7. Бекмурзаева Р.Х., Скрипицына Т.Н., Братков В.В., Булаева Н.М. Морфометрические характеристики рельефа Макажойской котловины (Чеченская Республика) // Мониторинг. Наука и технологии. 2024. Т. 59. N 1. С. 47–54. <https://doi.org/10.25714/MNT.2024.59.007>
8. Братков В.В., Бекмурзаева Р.Х., Бекмурзаева Л.Р. Возможности ГИС-технологий для оценки и мониторинга климатических условий Макажойской котловины (Чеченская Республика) // Юг России: экология, развитие. 2024. Т. 19. N 2. С. 160–169. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2024-2-14>
9. Гуня А. Н., Хасанов Т. С., Ермакова Ю. И., Мацаев С. Б. Ландшафтно-экологические условия и факторы динамики растительности Макажойской котловины // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2024. Т. 9. N 3. С.17–24. <https://doi.org/10.25744/genb.2024.37.3.003>
10. Бекмурзаева Р., Баранов И., Братков В. Assessment of The Influence of Relief On Terracing of the Slopes of The Makazhoy Basin in The Chechen Republic (Based On The Materials Of Air Laser Scanning) // Reliability: Theory & Applications. 2024. V. 19. N 56 (81). P. 773–782. <https://doi.org/10.24412/1932-2321-2024-681-773-782>
11. Братков В.В., Салпагаров Д.С. Ландшафты Северо-Западного и Северо-Восточного Кавказа. Москва: Илекса, 2001. 256 с.
12. Волюнкин И.Н. Физико-географические комплексы Андийского хребта в окрестностях озера Кезеной-Ам // Природа и природные ресурсы центральной и восточной части Северного Кавказа, Орджоникидзе, 1981. С. 142–144.
13. Волюнкин И.Н., Доценко В.В. Ландшафты и физико-географическое районирование Чечено-Ингушетии // Проблемы

физической географии Северо-Восточного Кавказа, Грозный, 1979. С. 132–170.

14. Идрисова Р.А. Комплексная оценка современного состояния ландшафтов Чеченской Республики // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского". 2008. Т. 2. N 4. С. 47–51.

REFERENCES

1. Shchukin I.S. *Chetyrekh'yazychnyi ehntsiklopedicheskiy slovar' terminov po fiziche-skoi geografii* [A four-lingual encyclopedic dictionary of terms on physical geography]. Moscow, Soviet Encyclopedia Publ., 1980, 703 p. (In Russian)
2. Museibov M.A., Keremov N.K., Kerimov SH.B., Suleimanov M.A. *Azerbaidzhanskaya SSR. Landshaftnaya karta. Masshtab 1:600000* [Azerbaijan SSR. Landscape map. Scale 1:600000]. Baku, Azerbaijan Order of the Red Banner of Labor State University named after S.M. Kirov Publ., 1975. (In Russian)
3. Beruchashvili N.L., Arutyunov S.R., Tediashvili A.G. *Landshaftnaya karta Kavkaza. Masshtab 1:1000000* [Landscape map of the Caucasus. Scale 1:1000000]. Tbilisi, 1979. (In Russian)
4. Beruchashvili N.L. *Ob "yasnitel'naya zapiska k Landshaftnoi karte Kavkaza* [Explanatory note to the Landscape map of the Caucasus]. Tbilisi, TSU Publ., 1980, 54 p. (In Russian)
5. Solntsev N.A. On the relationship between "living" and "dead" nature. Bulletin of the Moscow University. Series 5 Geography [Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5 Geografiya]. 1960, vol. 6, pp. 7–11. (In Russian)
6. Beruchashvili N.L. *Kavkaz: landshafty, modeli, ehksperimenty* [The Caucasus: landscapes, models, experiments]. Tbilisi, TSU Publ., 1995, 315 p. (In Russian)
7. Bekmurzaeva R.Kh., Skrypitsyna T.N., Bratkov V.V., Bulaeva N.M. Morphometric characteristics of the relief of the Makazhoy depression (Chechen Republic). *Monitoring. Science and Technologies*, 2024, vol. 59, no. 1, pp. 47–54. (In Russian) <https://doi.org/10.25714/MNT.2024.59.007>
8. Bratkov V.V., Bekmurzaeva R.H., Bekmurzaeva L.R. The possibilities of GIS technologies for assessing and monitoring the climatic conditions of the Makazhoy Depression (Chechen Republic, Russia). *South of Russia: ecology, development*. 2024, vol. 19, no. 2, pp. 160–169. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2024-2-14>
9. Gunya A.N., Khasanov T.S., Ermakova Y.I., Matsaev S.B. Landscape and ecological conditions and factors of vegetation dynamics in the Makazhoy basin. *Grozny Natural Science Bulletin*, 2024, vol. 9, no. 3, pp. 17–24. (In Russian) <https://doi.org/10.25744/genb.2024.37.3.003>
10. Bekmurzaeva R., Baranov I., Bratkov V. [Assessment Of The Influence Of Relief On Terracing Of The Slopes Of The Makazhoy Basin In The Chechen Republic (Based On The Materials Of Air Laser Scanning)]. *Reliability: Theory & Applications*, 2024, vol. 19, no. 56 (81), pp. 773–782. (In Russian) <https://doi.org/10.24412/1932-2321-2024-681-773-782> Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/assessment-of-the-influence-of-relief-on-terracing-of-the-slopes-of-the-makazhoy-basin-in-the-chechen-republic-based-on-the> (accessed 19.02.2025)
11. Bratkov V.V., Salpagarov D.S. *Landshafty Severo-Zapadnogo i Severo-Vostochnogo Kavkaza* [Landscapes of the North-Western and North-Eastern Caucasus]. Moscow, Ilexa Publ., 2001, 256 p. (In Russian)
12. Volinkin I.N. Fiziko-geograficheskie kompleksy Andiiskogo khrebt v okrestnostyakh ozera Kezenoi-Am [Physico-geographical complexes of the Andean range in the vicinity of Lake Kezenoy-Am]. *Priroda i prirodnye resursy tsentral'noi i vostochnoi chasti Severnogo Kavkaza*, [Nature and natural resources of the central and eastern part of the North Caucasus]. Ordzhonikidze, 1981, pp. 142–144. (In Russian)
13. Volinkin I.N., Dotsenko V.V. Landshafty i fiziko-geograficheskoe raionirovanie Checheno-Ingushetii [Landscapes and physico-geographical regionalization of Checheno-Ingushetia]. *Problemy fizicheskoi geografii Severo-Vostochnogo Kavkaza* [Problems of physical geography of the North-Eastern Caucasus]. Grozny, 1979, pp. 132–170. (In Russian)
14. Idrisova R.A. Complex Evaluation of Present-Day Conditions of the Chechen Republic Landscapes. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki*. Universitet im. V. I. Vernadskogo [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University]. 2008, vol. 2, no. 4, pp. 47–51. (In Russian) http://vernadsky.tstu.ru/pdf/2008/04/08t_14.pdf

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Виталий В. Братков осуществил литературный обзор, интерпретировал данные дистанционного зондирования Земли при составлении ландшафтной карты, написал рукопись статьи. Рашия Х. Бекмурзаева выполнила все полевые исследования и провела верификацию контуров на местности. Надира О. Гусейнова провела подготовку и обработку данных дистанционного зондирования Земли. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Vitaly V. Bratkov conducted a literary review, interpreted the data from remote sensing of the Earth when compiling a landscape map and wrote the article. Rashia Kh. Bekmurzaeva completed all field studies and verified the contours on the ground. Nadira O. Guseynova conducted the preparation and processing of Earth remote sensing data. All authors are equally 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>

Рашия Х. Бекмурзаева / Rashia Kh. Bekmurzaeva <https://orcid.org/0000-0001-5936-7235>

Надира О. Гусейнова / Nadira O. Guseynova <https://orcid.org/0000-0003-3979-4293>