

УДК 504.54:551.438.5

DOI: 10.46698/VNC.2023.72.33.013

Оригинальная статья

Геологические и геоморфометрические факторы формирования ареалов земледельческих террас среднегорной Чечни

Л.А. Петров 

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1,
e-mail: leonid_petrov_1997@mail.ru

Статья поступила: 14.09.2023, доработана: 30.11.2023, принята к публикации: 04.12.2023

Резюме: Актуальность работы. Ареалы террасирования среднегорной Чечни, относящиеся к одному из древних мировых центров террасного земледелия, сформированы на базе разнообразной геолого-геоморфологической основы, что обусловлено сложным геологическим строением территории и сильно расчлененным характером рельефа горного ландшафта, функционирующего в условиях альпийского орогенеза. **Целью исследования** является выявление геоморфометрических характеристик рельефа ареалов террасирования и слагающих их типов дочетвертичных образований для последующего выделения наиболее предпочтительных местоположений формирования древней практики террасного земледелия. В качестве объекта исследования рассмотрен культурно-исторический ландшафт в границах охранной зоны Аргунского музея-заповедника. **Методы исследования.** Основными методами послужили визуальное дешифрирование космических снимков электронных сервисов Google Earth и Bing с целью выявления ареалов террасирования и кластерный анализ геоморфометрических переменных поверхности выделенных ареалов, полученных на основе цифровой модели рельефа FABDEM с пространственным разрешением 30 м. Были использованы также результаты оцифровки карты типов дочетвертичных образований Государственной геологической карты масштаба 1:200 000 (ГГК-200/1), которые использовались для определения роли литологического фактора в формировании ареалов земледельческих террас. **Результаты исследования** показали, что условия формирования ареалов земледельческих террас среднегорного пояса Чечни в первую очередь зависят от характера коренных пород, формирующих рельеф территории, что, в свою очередь, также определяет геоморфометрические характеристики поверхности ареалов террасирования: для районов, сложенных карбонатными породами палеогенового и мелового периодов, типичны крупные и протяженные склоны широкополосных террас, в то время как на более неустойчивых склонах, образованных формациями юрских песчаников и глинистых сланцев, распространены ареалы мелкоконтурных террас с высоким (ок. 80 м) вертикальным простиранием между уровнями самой нижней и самой верхней террасы и с наиболее дефицитными в регионе условиями увлажнения. Указанные различия были обозначены в выделенных на основе кластерного анализа пяти групп ареалов террасирования в соответствии с их геоморфометрическими характеристиками.

Ключевые слова: ареалы террасирования, кластерный анализ, Северо-Восточный Кавказ, геоморфометрические переменные, горный рельеф.

Благодарности: Работа выполнена в рамках госзадания кафедры физической географии мира и геоэкологии Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова: № 1.9 121040100322-8 «Анализ региональных геоэкологических проблем в условиях глобальных изменений окружающей среды».

Для цитирования: Петров Л.А. Геологические и геоморфометрические факторы формирования ареалов земледельческих террас среднегорной Чечни. *Геология и геофизика Юга России*. 2023. 13(4): 162-176. DOI: 10.46698/VNC.2023.72.33.013

DOI: 10.46698/VNC.2023.72.33.013

Original paper

Geological and geomorphometric factors in the formation of agricultural terraced areas in mid-mountain Chechnya

L.A. Petrov 

Lomonosov Moscow State University, GSP-1, Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation, e-mail: leonid_petrov_1997@mail.ru

Received: 14.09.2023, revised: 30.11.2023, accepted: 04.12.2023

Abstract: Relevance. The terraced areas of mid-mountain Chechnya belong to one of the ancient world centers of terrace farming. They are formed on the diverse geological and geomorphological basis. This is caused by the complex geological structure of the territory and the highly dissected nature of the mountain relief under alpine orogenesis. **The research aim** is to identify the most preferable sites for the formation of the ancient practice of terrace farming based on an analysis of the geomorphometric characteristics of the relief of terraced areas and the types of pre-Quaternary formations composing them. **Methods.** The main methods were visual interpretation of satellite images from the Google Earth and Bing electronic services in order to identify terracing areas and cluster analysis of geomorphometric variables of the surface of the identified areas, obtained on the basis of the FABDEM digital elevation model with a spatial resolution of 30 m. The results of the pre-Quaternary formations State Geological map digitization at a scale of 1: 200,000 (GGK-200/1) were also used to determine the role of the lithological factor in the shaping of agricultural terraced areas. **The results** revealed that the conditions for the formation of agricultural terraced areas in the mid-mountain belt of Chechnya primarily depend on the nature of the bedrock that forms the relief of the territory. That, in turn, also determines the geomorphometric characteristics of the terraced areas surface: for areas composed from the Paleogene and Cretaceous carbonate rocks, large and extended slopes of broadband terraces are typical. At the same time on more unstable slopes formed by formations of Jurassic sandstones and shales, areas of shallow-contour terraces with a high (ca. 80 m) vertical strike between the levels of the lowest and highest terraces and with the most deficient moisture conditions in the region are prevalent. These differences were identified in five groups of terraced areas identified on the basis of cluster analysis in accordance with their geomorphometric characteristics.

Keywords: terraced areas, cluster analysis, North-Eastern Caucasus, geomorphometric variables, mountainous terrain.

Acknowledgement: *The study was carried out within the framework of the state task of the Department of World Physical Geography and Geoecology, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University: No. 1.9121040100322-8 "Analysis of regional geoecological problems under global environmental change".*

For citation: Petrov L.A. Geological and geomorphometric factors in the formation of agricultural terraced areas in mid-mountain Chechnya. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South. (in Russ.)*. 2023. 13(4): 162-176. DOI: 10.46698/VNC.2023.72.33.013

Введение

Среднегорная Чечня располагается в южной, наиболее возвышенной части Чеченской Республики, в области альпийского тектоногенеза, и вместе с нивально-гляциальным поясом, относящимся согласно принятой в физической географии структурно-генетической классификации ландшафтов к высокогорному подклассу [Гуния и др., 2022; Николаев, 1978], занимает четверть площади региона. Данная территория активно осваивалась с середины XIII века, и именно с этого времени начинается

зарождение масштабной практики террасирования склонов и формирования напашных террас для обеспечения жизнедеятельности местных сообществ. К сожалению, феномен террасного земледелия в Горной Чечне практически не рассматривается в современных научных исследованиях, в то время как в соседнем Дагестане это явление активно изучается [Османов, 2008; Борисов и др., 2021; Petherbridge et al., 2021]. Для оценки вклада геолого-геоморфологических факторов в формирование ареалов горных напашных террас необходимы сведения о морфометрических свойствах поверхности склонов и характере дочетвертичных образований.

В начале исследования необходимо определиться с геоморфометрическими переменными, которые вкуче с характером коренных пород будут отражать геолого-геоморфологическую дифференциацию ареалов террасирования. Для наиболее изученного в отношении земледельческих террас региона мира – Средиземноморья, существует типология террас в соответствии с их формой, конфигурацией и положением в рельефе [Grove, Rackham, 2001]. Согласно ей выделяются пять основных типов исторических террас Средиземноморья: ступенчатые террасы, параллельные контуру склона холма; плетеные террасы, которые зигзагом поднимаются вверх по склону, соединяясь серпантинами; карманные террасы со стенками в форме полумесяца, защищающими почву для отдельных деревьев; квадратные террасные поля; запорные дамбы, построенные на водотоках. Однако исходя из этой типологии стоит вопрос – какие параметры рельефа необходимо рассматривать для выделения обособленных групп ареалов террасирования?

Классификация террас Адриатической Хорватии [Andlar et al., 2017] базируется на характере дочетвертичных образований и на выделении форм мезорельефа террасированных склонов в соответствии с их крутизной, шириной и длиной искусственно выровненных площадок, направлением межевых откосов. При непосредственно морфометрическом анализе наиболее распространенными параметрами являются средние значения крутизны и экспозиции [Latocha, 2009]. В исследовании пространственной структуры древнего сельского поселения внутренних районов Помпеи [Vogel et al., 2016] использовались переменные высоты, уклона, экспозиции, кривизны, вертикального расстояния до сети водотоков, *LS*-фактор, топографический индекс влажности (*TWI*), классификация рельефа на основе индекса топографического положения (*TPI*).

В отечественной науке подобные исследования в основном приурочены к региону Северо-Восточного Кавказа, который является одним из древнейших районов террасного земледелия [Гаджиев, 1991; Spencer, Hale, 1961]. В работе по земледельческим террасам Дагестана [Идрисов, Борисов, 2022] акцент обращен на диапазон абсолютных высот и на амплитуду распространения ареалов террас. В статье [Колбовский и др., 2019] для выделения типов террас Итум-Калинской котловины были использованы значения длины, периметра и площади поверхности каждой террасы, плановой и профильной кривизны склонов, а также топографическое положение террасы на склоне в соответствии с индексом гребне-килевой специализации *TPI* и относительная высота над местным базисом эрозии. Также можно выделить труды по выделению ландшафтных урочищ парков Южного берега Крыма [Головнев, 2019; Головнев и др., 2021], располагающихся на искусственно террасированных склонах, в которых также дополнительно были рассмотрены их профильная кривизна и топографический индекс влажности.

Помимо ландшафтов горных областей, подвергаются геоморфометрическому изучению террасы равнинных областей. К примеру, для идентификации напаш-

ных террас Парижского бассейна были использованы минимальные, средние, максимальные значения и стандартные отклонения переменных крутизны, плановой, профильной и общей кривизны [Chartin et al., 2011]. В исследовании широкополосных равнинных сельскохозяйственных террас на территории штата Оклахома наиболее эффективными морфометрическими переменными оказались отрицательная открытость местности, общая и профильная кривизна поверхности и топографический индекс влажности [Winzeler et al., 2023].

Совокупность геологического фактора, представленного в данной работе характером дочетвертичных образований, и геоморфометрического, выраженного в различных вариациях топографической поверхности [Da Silva et al., 2019], формирует георазнообразие рассматриваемой территории [Thomas, 2012]. Цель текущего исследования заключается в выявлении комбинаций этих факторов, обуславливающих наиболее пригодные участки сельскохозяйственного освоения среднегорной Чечни, которые обозначают пространство жизнедеятельности местных сообществ.

Материалы и методы исследования

В основу работы положена методика выделения разнородных типов поверхности рельефа ареалов террасирования охранной зоны Аргунского музея-заповедника в зависимости от геоморфометрических переменных для изучения роли геолого-геоморфологического фактора в формировании «вмещающего ландшафта» чеченцев на протяжении нескольких столетий. Ареалы террасирования были определены на основе локализации их пространственных атрибутов путем визуального дешифрирования снимков сервиса Google Планета Земля и верификации в процессе полевых экспедиционных исследований. По снимкам Bing 19-го уровня масштабирования (1:1000) в программной среде ArcMap отрисовывались контура ареалов (рис. 1).

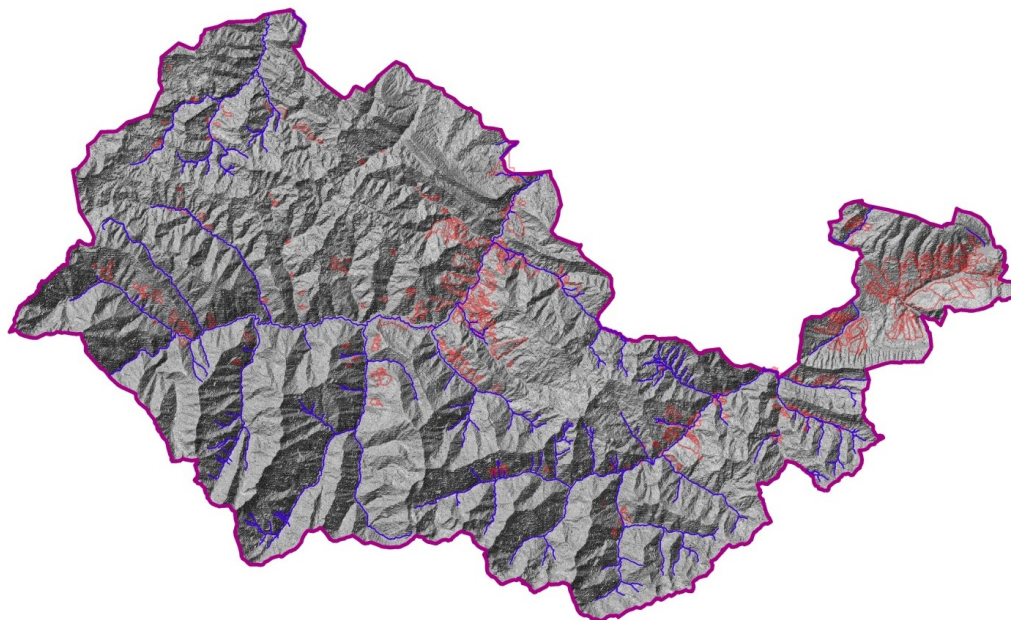


Рис. 1. Светотеневая отмывка рельефа территории охранной зоны Аргунского музея-заповедника (светлыми тонами показаны склоны северных румбов, темными – южных) с ареалами бывшего террасного земледелия (красные контура) и гидрографической сетью /

Fig. 1. Shaded relief of the Argun Museum-Reserve buffer zone (light colors show the slopes of the northern exposures, dark – the southern ones) with areas of historical terraced agriculture (red contours) and a hydrographic network

В программном обеспечении SAGA GIS был произведен кластерный анализ морфометрических параметров рельефа на основе цифровой модели рельефа FABDEM с пространственным разрешением 30 м. С учётом проведённого литературного обзора по проблематике геоморфометрического изучения террасированных склонов и анализа главных компонент, который позволяет выявить параметры с высокой корреляцией, для кластеризации ареалов террасирования были отобраны следующие показатели: крутизна склонов; экспозиция; площадь; максимальная абсолютная высота; стандартное отклонение общей кривизны (*GenCurv std*); плановая кривизна; профильная кривизна; минимальное расстояние по вертикали до локального уреза воды (*VDCN min*) [Stubert et al., 2020]; максимальное относительное положение на склоне (*RSP*) [Hui Deng et al., 2022]; вертикальное простирание ареала; топографический индекс влажности (*TWI*); стандартное отклонение *TWI* (*TWI std*).

Стандартное отклонение общей кривизны *GenCurv std* – величина, которая по физическому смыслу аналогична профильной кривизне [Blaga, 2012] и характеризует степень расчлененности рельефа внутри ареала террасирования [Brožová et al., 2021]. Стандартное отклонение топографического индекса влажности *TWI std* демонстрирует контрастность условий увлажнения в пределах единого ареала террасирования, что в свою очередь может проявляться в разнообразии видового состава фитоценозов [Carra et al., 2022].

Для выявления роли геологического фактора была составлена картосхема дочетвертичных образований на основе листов Государственной геологической карты масштаба 1 : 200 000 (ГГК-200/1) (рис. 2). Следует отметить, что при составлении листов данного атласа были использованы разные подходы к выделению однородных ареалов дочетвертичных отложений: в основном определяются геологические яруса, однако на листах XI и XVII были выделены свиты отложений, которые охватывают более широкие временные интервалы из нескольких ярусов, что усложнило легенду к карте дочетвертичных образований (табл. 1). Устойчивость ареалов, рельеф которых сложен определенным типом дочетвертичных образований, определяется на основе базы данных экзогенных геодинамических процессов на территории горной части Чеченской Республики [Мамаев и др., 2018; Gunya, Gakaev, 2022].

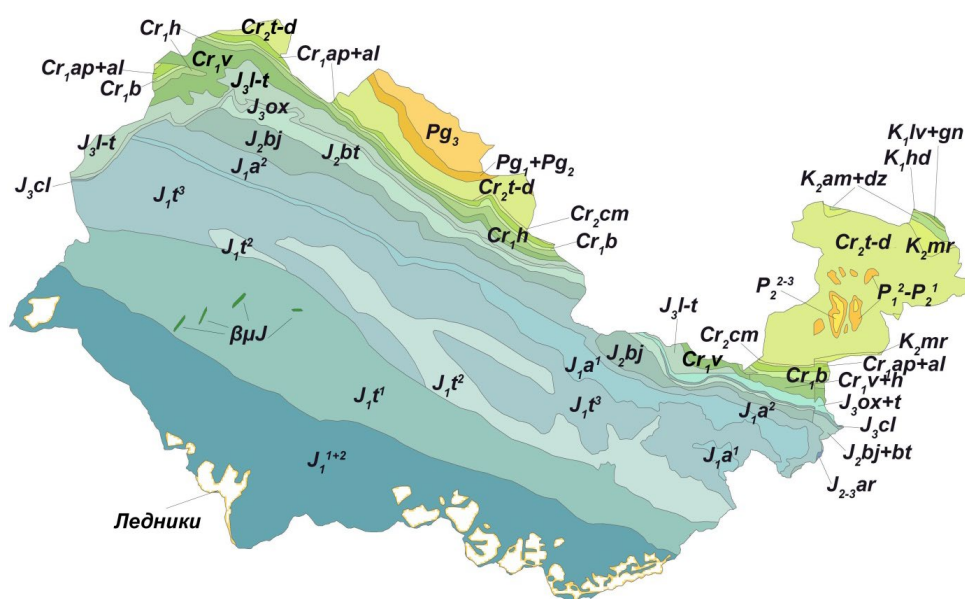


Рис. 2. Дочетвертичные образования среднегорной Чечни (легенда в табл. 1) /
Fig. 2. Pre-Quaternary formations of mid-mountain Chechnya (see the legend in Table 1)

Таблица 1 / Table 1

Условные обозначения к карте дочетвертичных образований среднегорной Чечни /
 Symbols for the map of pre-Quaternary formations of mid-mountain Chechnya

Индекс / Index	Геологическое время / Geologic time	Образования / Formations
Pg_3	Олигоцен / Oligocene	Мергели и глины / Marls and clays
P_2^{2-3}	Средний-верхний эоцен / Middle-Upper Eocene	
$P_1^2-P_2^1$	Средний палеоцен-нижний эоцен / Middle Paleocene-Lower Eocene	
Pg_1+Pg_2	Палеоцен-нижний эоцен / Paleocene-Lower Eocene	
Cr_2t-d	Туронский-датский ярусы / Turonian-Danish stages	Известняки и мергели / Limestones and marls
K_2mr	Сантонский-кампанский ярусы / Santonian-Campanian stages	
K_2am+dz	Аймакинская и дженгутайская свиты. Сенomanский, туронский, коньякский, сантонский ярусы / Aimakin and Dzhengutai suites. Cenomanian, Turonian, Coniacian, Santonian stages	
Cr_2cm	Сенomanский ярус / Cenomanian stage	
K_1hd	Хаджалмахинская свита. Альбский ярус / Khadzhalmakha suite. Albian stage	Глинистые песчаники / Clay sandstones
Cr_1ap+al	Аптский и альбский ярусы / Aptian and Albian stages	
K_1lv+gn	Левашинская и гундаринская свиты. Барремский и аптский ярусы / Levashinsky and Gundarinskaya suites. Barremian and Aptian stages	
Cr_1b	Барремский ярус / Barremian stage	
Cr_1h	Готеривский ярус / Hauterivian stage	Известковистые песчаники / Calcareous sandstones
Cr_1v+h	Валанжинский и Готеривский ярус / Valanginian and Gotherivian stages	
Cr_1v	Валанжинский ярус / Valanginian stage	
J_3l-t	Лузитанский, киммериджский и титонский ярусы / Lusitanian, Kimmeridgian and Tithonian stages	Известняки и доломиты / Limestones and dolomites
J_3ox+t	Оксфордский-титонский ярусы / Oxford-Tithonian stages	
J_3ox	Оксфордский ярус / Oxford stage	
$J_2,3ar$	Армхинская свита: келловейский, оксфордский и киммериджский ярусы / Armkha suite: Callovian, Oxfordian and Kimmeridgian stages	
J_3cl	Келловейский ярус / Callovian stage	Песчаники / Sandstones

J_2bj+bt	Байосский и батский ярусы / Bayosian and Bathonian stages	Глинистые сланцы и песчаники / Shales and sandstones
J_2bt	Батский ярус / Bathonian stage	
J_2bj	Байосский ярус / Bayosian stage	
J_1a^2	Верхний подъярус ааленского яруса / Upper substage of the Aalenian stage	
J_1a^1	Нижний подъярус ааленского яруса / Lower substage of the Aalenian stage	
J_1t^3	Верхний подъярус тоарского яруса / Upper substage of the Toarcian stage	
J_1t^2	Средний подъярус тоарского яруса / Middle substage of the Toarcian stage	
J_1t^1	Нижний подъярус тоарского яруса / Lower substage of the Toarcian stage	
J_1^{1+2}	Нижний и средний лейас / Lower and middle layas	
$\beta\mu J$	Дайки диабазов и порфириров / Diabase and porphyrite dikes	

Результаты работы и их обсуждение

Территория среднегорной Чечни характеризуется преобладанием ниже- и среднеюрских глинистых сланцев (75%, или 1760 кв. км) в строении рельефа рассматриваемого региона, исключение составляет Макажойская котловина в северо-восточной части, рельеф которой сложен верхнемеловыми известняками и мергелями. Точной инвентаризации общей площади террас в среднегорной Чечне не существует, но, по приблизительным оценкам на основе визуального дешифрирования, она составляет около 10287,7 гектаров, или 4,4% от всей площади охранной зоны Аргунского музея-заповедника. При этом следует отметить, что в абсолютном выражении террасированные участки на глинистых сланцах и на верхнемеловых карбонатных породах сопоставимы (4749 га и 4454 га соответственно; рис. 3).

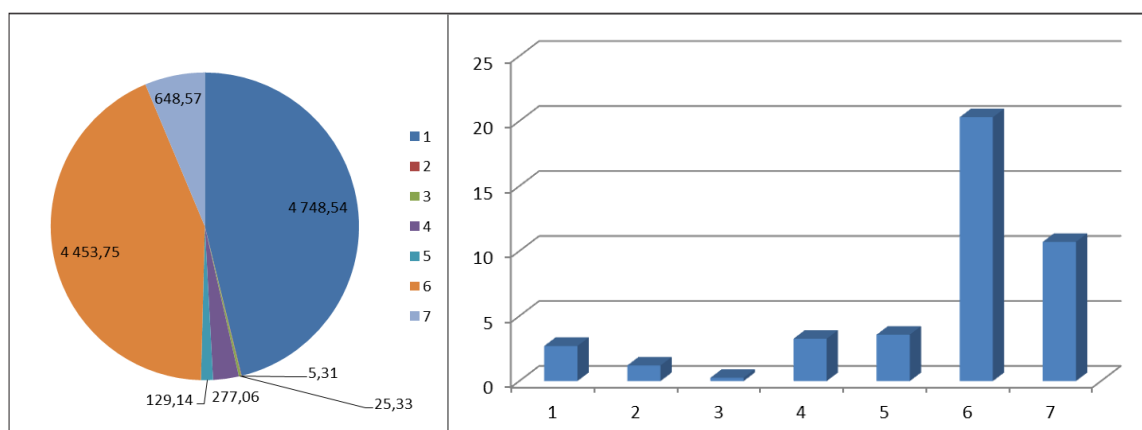


Рис. 3 (слева). Площадь, занятая ареалами террасирования для каждого типа дочетвертичных образований, выраженная в гектарах.

Рис. 4 (справа). Индекс террасированности для каждого типа дочетвертичных образований, выраженный в гектарах террасированных участков на кв. км площади.

Типы дочетвертичных образований: 1 – ниже- и среднеюрские глинистые сланцы и песчаники; 2 – верхнеюрские песчаники келловейского яруса; 3 – верхнеюрские известняки и доломиты; 4 – нижнемеловые известковистые песчаники; 5 – нижнемеловые глинистые песчаники; 6 – верхнемеловые известняки и мергели; 7 – палеогеновые мергели и глины /

Fig. 3 (left). Square occupied by terracing areas for each type of pre-Quaternary formations, expressed in hectares.

Fig. 4 (right). The terracedness index for each type of pre-Quaternary formation, expressed in hectares of terraced areas per sq. km.

Types of pre-Quaternary formations: 1 – Lower and Middle Jurassic shales and sandstones; 2 – Upper Jurassic sandstones of the Callovian stage; 3 – Upper Jurassic limestones and dolomites; 4 – Lower Cretaceous calcareous sandstones; 5 – argillaceous sandstones of the Lower Cretaceous; 6 – Upper Cretaceous limestones and marls; 7 – Paleogene marls and clays.

Для изучения вклада литологического фактора в подверженность формирования ареалов земледельческих террас в данной работе был введен показатель индекса террасированности TI , который представляет собой отношение суммарной площади ареалов террасирования, расположенных на определенном типе дочетвертичных образований S_{TAi} (в га), к площади ареала данного типа S_i (в кв. км).

$$TI = \frac{\sum S_{TAi}}{\sum S_i}, \quad (1)$$

Согласно данному параметру, участки на известняках и мергелях верхнего мела являются наиболее привлекательными для формирования практики террасирования склонов ($TI = 20$) ввиду их максимальной устойчивости к экзогенным процессам в сравнении с участками на глинистых сланцах и песчаниках, степень террасированности которых в 10 раз ниже ($TI = 2$). Также оптимальными для формирования ареалов террасирования являются территории, рельеф которых сложен мергелями и глинами палеогена ($TI = 10$).

Данные по интенсивности экзогенных геодинамических процессов подтверждают вышеприведенную закономерность (рис. 5,6): наиболее нестабильными являются районы, внутреннее строение которых сложено песчаниками (типы №2 и 5), в то время как районы распространения карбонатных пород (3, 6 и частично 7 типы) демонстрируют практически трехкратное сокращение частоты проявлений в рельефе опасных геоморфологических процессов.

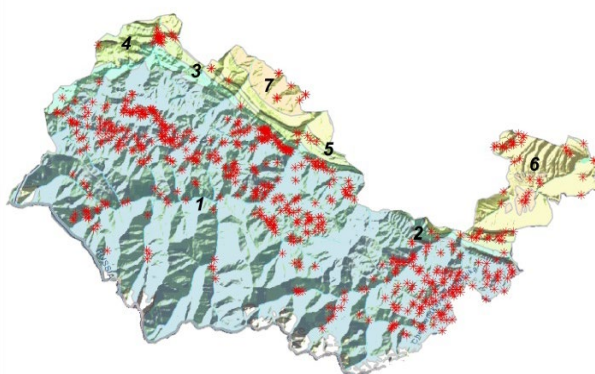
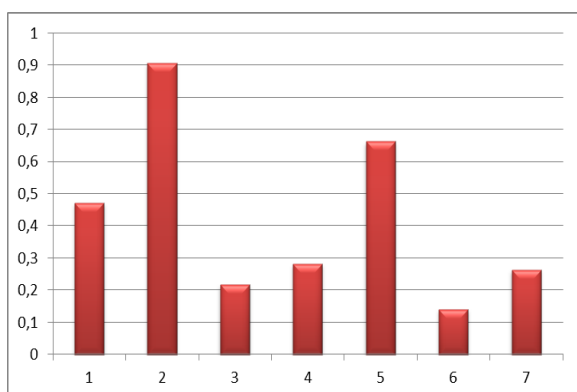


Рис. 5 (слева). Распространенность неблагоприятных процессов экзогенной геодинамики для каждого типа дочетвертичных образований (ед. на кв. км).

Рис. 6 (справа). Локализованные очаги неблагоприятных процессов экзогенной геодинамики на территории охранной зоны Аргунского музея-заповедника.

Типы дочетвертичных образований: см. рис. 4.

Fig. 5 (left). The prevalence of unfavorable processes of exogenous geodynamics for each type of pre-Quaternary formations (units per sq. km).

Fig. 6 (right). Localized foci of unfavorable processes of exogenous geodynamics on the territory of the buffer zone of the Argun Museum-Reserve. Types of pre-Quaternary formations: see fig. 4.

Кластерный анализ ареалов террасирования позволяет разбить исследуемые объекты на 5 классов (рис. 7) в зависимости от совокупности входных геоморфометрических параметров, описанных в разделе методики.

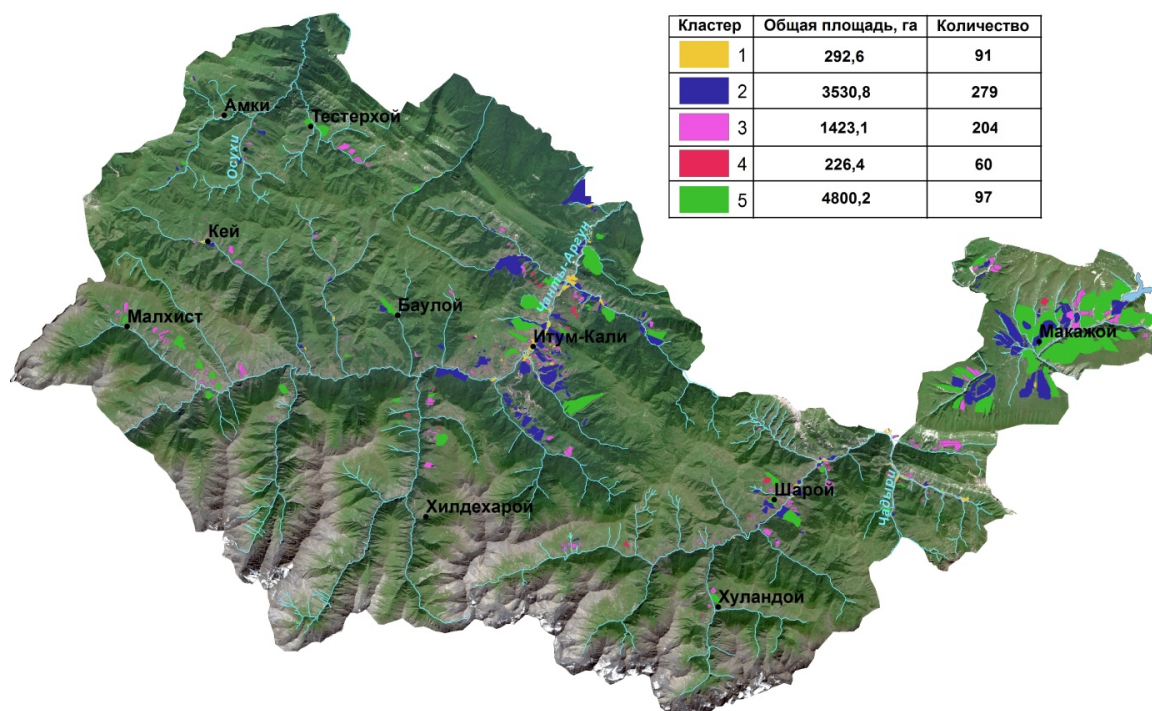


Рис. 7. Кластеры ареалов террасирования среднегорной Чечни в границах охранной зоны Аргунского музея-заповедника.

Fig. 7. Clusters of terraced areas of mid-mountain Chechnya within the boundaries of the buffer zone of the Argun Museum-Reserve.

1. Малые (до 5 га) и средние (5-10 га в Аргунском ущелье), с незначительным вертикальным простираем (до 25 м), расположенные в горных долинах на выпуклых концентрирующих сильно покатых (8-12°) поверхностях различной экспозиции, начинающиеся практически от уреза воды ($VDCN_{min}$ менее 5 м), приуроченные к долине Кенхи, Аргунскому ущелью и его ответвлениям, наименее расчлененные ($GenCurv_{std} = 0,05$), наиболее влагообеспеченные ($TWI=9$) в регионе, но с наибольшей контрастностью увлажнения внутри ареала ($TWI_{std}=3,8$), преимущественно на нижне- и среднеюрских глинистых сланцах и песчаниках (80% ареалов), а также на верхнемеловых известняках и мергелях (7%) и на нижнемеловых известковистых песчаниках (5%). Ареалы террасирования данного кластера приурочены к долине Чанты-Аргуна, также сильно распространены в бассейне реки Чадыри.

2. Крупные по площади (более 10 га) вытянутые по вертикали в среднем на 50 м, расположенные на нижних частях умеренно крутых (12-16°) вогнутых рассеивающих склонов преимущественно южных экспозиционных румбов и северных в бассейне Чанты-Аргуна, начинающиеся практически от уреза воды ($VDCN_{min}$ менее 5 м), приуроченные к горным долинам крупных рек, слабо расчлененные ($GenCurv_{std} = 0,06$), умеренно влагообеспеченные ($TWI=7$), с высокой контрастностью увлажнения внутри ареала ($TWI_{std}=3,5$), преимущественно на нижне- и среднеюр-

ских глинистых сланцах и песчаниках (70% ареалов), а также на верхнемеловых известняках и мергелях (10%) и на палеогеновых мергелях и глинах (7%). Наиболее типичны подобные ареалы в бассейне Чанты-Аргуна, также они характерны для западной части Макажойской котловины и частично встречаются в Шаройской котловине и в бассейне реки Осухи.

3. Средние по площади (5-10 га) вытянутые по вертикали в среднем на 80 м, расположенные на средних частях очень крутых (20-30°) вогнутых концентрирующих склонов преимущественно южных и западных экспозиционных румбов, начинающиеся на высоте 10 м от уреза воды, среднегорные, сильно расчлененные ($GenCurv\ std = 0,10$), наименее влагообеспеченные в регионе ($TWI=6$), с умеренной контрастностью увлажнения внутри ареала ($TWI\ std=2,8$), преимущественно на нижне- и среднеюрских глинистых сланцах и песчаниках (80% ареалов), а также на верхнемеловых известняках и мергелях (10%) и на нижнемеловых глинистых песчаниках (5%). Ареалы террасирования данного кластера встречаются повсеместно в границах охранной зоны Аргунского музея-заповедника.

4. Малые по площади (до 5 га) вытянутые по вертикали в среднем на 80 м, расположенные на верхних частях крутых (16-20°) вогнутых рассеивающих склонов различной экспозиции, начинающиеся на высоте около 150 метров над урезом воды, среднегорные (до 1600 м средняя по кластеру максимальная абсолютная высота распространения) умеренно расчлененные ($GenCurv\ std = 0,08$), наименее влагообеспеченные в регионе ($TWI=6$) и с наименьшей контрастностью увлажнения внутри ареала ($TWI\ std=2,5$), преимущественно на нижне- и среднеюрских глинистых сланцах и песчаниках (90% ареалов). Подобные ареалы террасированных склонов характерны для морфоструктур горных котловин: наиболее распространены в Итум-Калинской котловине, также встречаются в Шаройской. В сложенной верхнемеловыми карбонатными породами Макажойской котловине данный кластер представлен единичным ареалом.

5. Очень крупные террасированные ареалы (ок. 50 га), начинающиеся на высоте 10 м от уреза воды и простирающиеся по вертикали на 180 м, достигая верхних частей вогнутых рассеивающих крутых (16-20°) склонов различной экспозиции, средневысокогорные (максимальное распространение до 2000 м над уровнем моря), сильно расчлененные ($GenCurv\ std = 0,10$), умеренно влагообеспеченные ($TWI=7$), с повышенной контрастностью увлажнения внутри ареала ($TWI\ std=3,2$), на нижне- и среднеюрских глинистых сланцах и песчаниках (55% ареалов) и на верхнемеловых известняках и мергелях (40%). Наиболее характерен данный тип террасированных ареалов для Макажойской котловины; также он широко представлен в бассейне Чанты-Аргуна и в Мелхистинском ущелье. Отдельные ареалы встречаются в Хилдехароевском ущелье, в Шаройской и в Тестерхойской котловинах.

Наиболее распространенными в количественном выражении являются ареалы террасирования второго и третьего кластеров, притом террасированные ареалы последнего формировались на сильно расчлененных и наименее влагообеспеченных частях очень крутых концентрирующих склонов в условиях дефицита других, более благоприятных по характеру рельефа, участков. В площадном выражении выделяются ареалы пятого кластера, характеризующиеся крупными фрагментами террасированных склонов, зачастую сложенных карбонатными породами верхнего мела.

Террасы первого кластера имеют выгодное местоположение ввиду наименьшей крутизны рельефа среди всех представленных типов и максимальной влагообеспеченности ввиду близости водотоков. Они также отличаются выпуклым профилем в сравнении с прочими кластерами. Их распространение лимитировано дефицитом подходящих участков в пределах среднегорной Чечни.

Террасы четвертого кластера, представленные хуже всех остальных, являются пример вынужденного расширения пахотных угодий на верхних частях склонов интенсивно освоенных горных котловин Северо-Юрской депрессии, сложенных рыхлыми породами средней юры и характеризующихся дефицитными условиями увлажнения.

Выводы

Одной из важнейших особенностей формирования ареалов земледельческих террас является рельеф территории и характер слагающих его горных пород. Различия в распределении ареалов террасирования были проанализированы в рамках охранной зоны Аргунского музея-заповедника. В качестве исходных данных для выделения земледельческих ареалов были использованы материалы дистанционного зондирования Земли электронных веб-сервисов, цифровая модель рельефа рассматривалась как первоисточник для расчета геоморфометрических переменных, геологическое строение определялось по тематическим картам ВСЕГЕИ. Исходя из кластерного анализа отобранных по основанному на корреляционных связях принципу главных компонент 12 геоморфометрических переменных рельефа было выделено 5 типов ареалов террасирования с последующим рассмотрением их представленности в количественном и площадном соотношениях. Введенные автором в рамках исследования показатели индекса террасированности и распространенности неблагоприятных процессов экзогенной геодинамики для каждого типа дочетвертичных образований, слагающих территорию среднегорной Чечни, позволили выявить вклад геологического фактора для установления наиболее предпочтительных местоположений формирования древней практики террасного земледелия. Полученные результаты в целом согласуются с другими исследованиями, посвященными земледельческой аграрной исторической специализации горных районов [Борисов и др., 2021; Avni, 2022].

Литература

1. Гаджиев М.Г. Раннеземледельческая культура Северо-Восточного Кавказа (эпоха энеолита и ранней бронзы). М.: Наука, 1991. – 264 с.
2. Головнёв И.И. Особенности формирования растительных сообществ в парке» Монтедор». // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2019. – №. 130. – С. 60-68. DOI: 10.25684/NBG.boolt.130.2019.07.
3. Головнёв И.И., Плугатарь Ю.В., Головнёва Е.Е. Особенности формирования растительных сообществ в парке» Гурзуфский». // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2021. – №. 140. – С. 7-15. DOI: 10.36305/0513-1634-2021-140-7-15.
4. Гуня А. Н., Гайрабеков У. Т., Гагаева З. Ш. Изучение ландшафтной структуры для оценки углеродного баланса горных экосистем. // Геология и Геофизика Юга России. – 2022. – Т. 12. №. 3. – С. 170-181. DOI: 10.46698/VNC. 2022.48.65.012.
5. Идрисов И.А., Борисов А.В. Пространственное распределение земледельческих тер-

рас Дагестана. // Этнокультура освоения гор: Северный Кавказ. / Под общ. ред. М.М. Магомедханова, А.Н. Садового, З.В. Атаева. – Махачкала: Институт истории, археологии и этнографии ДНЦ РАН, 2022. – С. 99-106.

6. Колбовский Е.Ю., Петрушина М.Н., Петров Л.А., Гагаева З.Ш. Культурные ландшафты гор Северного Кавказа: подходы к исследованию, реконструкции и сохранению. // Устойчивое развитие горных территорий. – 2019. – Т. 11. №. 3. – С. 397-412. DOI: 10.21177/1998-4502-2019-11-3-397-412.

7. Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С. Применение электронных баз данных в геологических исследованиях. // Геология и геофизика Юга России. – 2018. – Т. 8. №. 4. – С. 104-116. DOI:10.23671/VNC.2018.4.20148.

8. Николаев В.А. Классификация и мелкомасштабное картографирование ландшафтов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. – 62 с.

9. Борисов А.В., Каширская Н.Н., Ельцов М.В., Пинской В.Н., Плеханова Л.Н., Идрисов И.А. Почвы древних земледельческих террас Восточного Кавказа. // Почвоведение. – 2021. – № 5. – С. 542-557. DOI: 10.31857/S0032180X2105004X.

10. Османов М.О. Традиционные типы и система земледелия Дагестана в XIX–начале XX века – Махачкала: Институт истории, археологии и этнографии ДНЦ РАН, 2008. – 482 с.

11. Andlar G., Šrajfer F., Trojanović A. Classifying the Mediterranean terraced landscape: The case of Adriatic Croatia // Acta geographica Slovenica. – 2017. – Vol. 57. No. 2. – pp. 112-129. DOI: <http://dx.doi.org/10.3986/AGS.4673>.

12. Avni Y. The Emergence of Terrace Farming in the Arid Zone of the Levant – Past Perspectives and Future Implications. // Land. – 2022. – Vol. 11. No. 10. DOI: 10.3390/land11101798.

13. Blaga L. Aspects regarding the significance of the curvature types and values in the studies of geomorphometry assisted by GIS. // Anal. Univ. Oradea Ser. Geogr. – 2012. – No. 2/2012. – pp. 327-337.

14. Brožová N., Baggio T., D’Agostino V., Bühler Y., Bebi P. Multiscale analysis of surface roughness for the improvement of natural hazard modeling. // Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions. – 2021. – Vol. 21. – pp. 3539–3562. DOI:10.5194/nhess-21-3539-2021.

15. Cappa F.M., Campos V.E., Barri F.R., Ramos L., Campos C. M. Environmental and biological factors affecting the abundance of *Prosopis flexuosa* saplings in the central-west Monte of Argentina. // Forest Ecosystems. – 2022. – Vol. 9. DOI: 10.1016/j.fecs.2022.100010.

16. Chartin C., Bourennane H., Salvador-Blanes S., Hirschberger F., Macaire J. J. Classification and mapping of anthropogenic landforms on cultivated hillslopes using DEMs and soil thickness data – Example from the SW Parisian Basin, France. // Geomorphology. – 2011. – Vol. 135. No. 1-2. – pp. 8-20. DOI: 10.1016/j.geomorph.2011.07.020.

17. Da Silva J.M.F., Santos L.J.C., Oka-Fiori C. Spatial correlation analysis between topographic parameters for defining the geomorphometric diversity index: application in the environmental protection area of the Serra da Esperança (state of Paraná, Brazil). // Environmental Earth Sciences. – 2019. – Vol. 78. DOI: 10.1007/s12665-019-8357-2.

18. Grove A.T., Rackham O. The nature of Mediterranean Europe: an ecological history. – New Haven, CT: Yale University Press, 2001. – 384 pp.

19. Gunya A., Gakaev R. Landscape analysis of exogenic processes distribution in mountain regions of the Chechen republic. // Reliability: Theory & Applications. – 2022. – Vol. 17. No. 3 (66). – pp. 124-128.

20. Latocha A. The geomorphological map as a tool for assessing human impact on landforms. // Journal of Maps. – 2009. – Vol. 5. No. 1. – pp. 103-107. DOI: 10.4113/jom.2009.1047.

21. Hui Deng, Xiantan Wu, Wenjiang Zhang, Yansong Liu, Weile Li, Xiangyu Li, Ping Zhou, Wenhao Zhuo. Slope-unit scale landslide susceptibility mapping based on the random forest model in deep valley areas. // *Remote Sensing*. – 2022. – Vol. 14. No. 17. DOI: 10.3390/rs14174245.
22. Spencer J.E., Hale G.A. The origin, nature, and distribution of agricultural terracing // *Pacific viewpoint*. – 1961. – Vol. 2. No. 1. – pp. 1-40. DOI: 10.1111/apv.21001.
23. Stubert L., Martín i Oliveras A., Märker M., Scherthanner H., Vogel S. Viticulture in the Laetanian region (Spain) during the Roman period: predictive modelling and geomatic analysis. // *Geosciences*. – 2020. – Vol. 10. No. 6. DOI:10.3390/geosciences10060206.
24. Thomas M. A geomorphological approach to geodiversity – its applications to geoconservation and geotourism. // *Quaestiones geographicae*. – 2012. – Vol. 31. No. 1. – pp. 81-89. DOI: 10.2478/v10117-012-0005-9.
25. Petherbridge G., Ismailov M.M., Ismailov S.M., Rabadanov M.K., Gadzhiev A.A., Teymurov A.A., Rabadanov M.R., Daudova M.G., Abdulaev A.M. Verkhnee Gakvari: The contribution of adat, religious beliefs and public education to collective environmental management in an agro-pastoral community in the Dagestan high Caucasus. // *South of Russia: ecology, development*. – 2021. – Vol. 16. No. 3. – pp. 145-179. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-142-179.
26. Vogel S., Märker M., Esposito D., Seiler F. The ancient rural settlement structure in the hinterland of Pompeii inferred from spatial analysis and predictive modeling of Villae rusticate. // *Geoarchaeology*. – 2016. – Vol. 31. No. 2. – pp. 121-139. DOI: 10.1002/gea.21560.
27. Winzeler H.E., Owens P.R., Kharel T., Ashworth A., Libohova Z. Identification and Delineation of Broad-Base Agricultural Terraces in Flat Landscapes in Northeastern Oklahoma, USA. // *Land*. – 2023. – Vol. 12. No. 2. DOI: 10.3390/land12020486.

References

1. Gadzhiev M.G. Early agricultural civilization of the North-Eastern Caucasus (Chalcolithic and Early Bronze Ages). Moscow: Nauka. 1991. 264 p. (In Russ.)
2. Golovnev I.I. Features of plant communities' formation in "Montedor" park. *Bull. of the State Nikitsky Botan. Gard.* 2019. No. 130. pp. 60–68. DOI: 10.25684/NBG.boolt.130.2019.07. (In Russ.)
3. Golovnev I.I., Plugatar Yu.V., Golovneva E.E. Features of the plant community formation in "Gurzufsky" park. *Bull. of the State Nikitsky Botan. Gard.* 2021. No. 140. pp. 7–15. DOI: 10.36305/0513-1634-2021-140-7-15. (In Russ.)
4. Gunya A.N., Gairabekov U.T., Gagaeva Z.Sh. Study of landscape structure to estimate carbon balance of mountain ecosystems. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2022. Vol. 12. No. 3. pp. 170–181. DOI: 10.46698/VNC.2022.48.65.012. (In Russ.)
5. Idrisov I.A., Borisov A.V. Spatial distribution of agricultural terraces in Dagestan. In: *Ethno-culture of mountain development: the North Caucasus*. Edited by M.M. Magomedkhanov, A.N. Sadovyi, Z.V. Ataev. Makhachkala. Institute of History, Archeology and Ethnography DSC RAS, 2022. pp. 99–106. (In Russ.)
6. Kolbovsky E.Yu., Petrushina M.N., Petrov L.A., Gagaeva Z.Sh. Cultural landscapes of the mountains of the North Caucasus: approaches to research, reconstruction and preservation. *Sustainable development of mountain territories*. 2019. Vol. 11. No. 3. pp. 397–412. DOI 10.21177/1998-4502-2019-11-3-397-412. (In Russ.)
7. Mamaev S.A., Ibaev Zh.G., Guseinova A.Sh., Kurbanismailova A.S., Mamaev A.S. Application of Electronic Databases in Geological Research. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2018. Vol. 8. No. 4. pp. 104–116. DOI:10.23671/VNC.2018.4.20148. (In Russ.)
8. Nikolaev V.A. Classification and small-scale mapping of landscapes. Moscow. MSU Publ. 1978. 62 p. (In Russ.)

9. Borisov A.V., Kashirskaya N.N., El'tsov M.V., Pinsky V.N., Plekhanova L.N., Idrisov I.A. Soils of ancient agricultural terraces of the Eastern Caucasus. *Pochvovedenie*. 2021. No. 5. pp. 542–557. DOI 10.31857/S0032180X2105004X. (In Russ.)
10. Osmanov M.O. Traditional types and system of agriculture in Dagestan in the 19th–early 20th centuries. Makhachkala. Institute of History, Archeology and Ethnography DSC RAS. 2008. 482 p. (In Russ.)
11. Andlar G., Šrajfer F., Trojanović A. Classifying the Mediterranean terraced landscape: The case of Adriatic Croatia. *Acta geographica Slovenica*. 2017. Vol. 57. No. 2. pp. 112–129. DOI: 10.3986/AGS.4673.
12. Avni Y. The Emergence of Terrace Farming in the Arid Zone of the Levant – Past Perspectives and Future Implications. *Land*. 2022. Vol. 11. No. 10. DOI: 10.3390/land11101798.
13. Blaga L. Aspects regarding the significance of the curvature types and values in the studies of geomorphometry assisted by GIS. *Anal. Univ. Oradea Ser. Geogr.* 2012. No. 2/2012. pp. 327–337.
14. Brožová N., Baggio T., D'Agostino V., Bühler Y., Bebi P. Multiscale analysis of surface roughness for the improvement of natural hazard modelling. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*. 2021. Vol. 21. pp. 3539–3562. DOI: 10.5194/nhess-21-3539-2021.
15. Cappa F. M., Campos V. E., Barri F. R., Ramos L., Campos C. M. Environmental and biological factors affecting the abundance of *Prosopis flexuosa* saplings in the central-west Monte of Argentina. *Forest Ecosystems*. 2022. Vol. 9. DOI: 10.1016/j.fecs.2022.100010.
16. Chartin C., Bourennane H., Salvador-Blanes S., Hirschberger F., Macaire J. J. Classification and mapping of anthropogenic landforms on cultivated hillslopes using DEMs and soil thickness data – Example from the SW Parisian Basin, France. *Geomorphology*. 2011. Vol. 135. No. 1-2. pp. 8–20. DOI: 10.1016/j.geomorph.2011.07.020.
17. Da Silva J. M. F., Santos L. J. C., Oka-Fiori C. Spatial correlation analysis between topographic parameters for defining the geomorphometric diversity index: application in the environmental protection area of the Serra da Esperança (state of Paraná, Brazil). *Environmental Earth Sciences*. 2019. Vol. 78. DOI: 10.1007/s12665-019-8357-2.
18. Grove A. T., Rackham O. *The nature of Mediterranean Europe: an ecological history*. New Haven, CT: Yale University Press, 2001. 384 pp.
19. Gunya A., Gakaev R. Landscape analysis of exogenic processes distribution in mountain regions of the Chechen republic. *Reliability: Theory & Applications*. 2022. Vol. 17. No. 3 (66). pp. 124–128.
20. Latocha A. The geomorphological map as a tool for assessing human impact on landforms. *Journal of Maps*. 2009. Vol. 5. No. 1. pp. 103-107. DOI: 10.4113/jom.2009.1047.
21. Hui Deng, Xiantan Wu, Wenjiang Zhang, Yansong Liu, Weile Li, Xiangyu Li, Ping Zhou, Wenhao Zhuo. Slope-unit scale landslide susceptibility mapping based on the random forest model in deep valley areas. *Remote Sensing*. 2022. Vol. 14. No. 17. DOI: 10.3390/rs14174245.
22. Spencer J.E., Hale G.A. The origin, nature, and distribution of agricultural terracing. Pacific viewpoint. 1961. Vol. 2. No. 1. pp. 1–40. DOI: 10.1111/apv.21001.
23. Stubert L., Martín i Oliveras A., Märker M., Scherthanner H., Vogel S. Viticulture in the Laetanian region (Spain) during the Roman period: predictive modelling and geomatic analysis. *Geosciences*. 2020. Vol. 10. No. 6. DOI: 10.3390/geosciences10060206.
24. Thomas M. A geomorphological approach to geodiversity – its applications to geoconservation and geotourism. *Quaestiones geographicae*. 2012. Vol. 31. No. 1. pp. 81–89. DOI: 10.2478/v10117-012-0005-9.
25. Petherbridge G., Ismailov M.M., Ismailov S.M., Rabadanov M.K., Gadzhiev A.A., Teymurov A.A., Rabadanov M.R., Daudova M.G., Abdulaev A.M. Verkhnee Gakvari: The contribution of adat, religious beliefs and public education to collective environmental

management in an agro-pastoral community in the Dagestan high Caucasus. *South of Russia: ecology, development*. 2021. Vol. 16. No. 3. pp. 145–179. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-142-179.

26. Vogel S., Märker M., Esposito D., Seiler F. The ancient rural settlement structure in the hinterland of Pompeii inferred from spatial analysis and predictive modeling of *Villae rusticate*. *Geoarchaeology*. 2016. Vol. 31. No. 2. pp. 121–139. DOI: 10.1002/gea.21560.

27. Winzeler H.E., Owens P.R., Kharel T., Ashworth A., Libohova Z. Identification and Delineation of Broad-Base Agricultural Terraces in Flat Landscapes in Northeastern Oklahoma, USA. *Land*. 2023. Vol. 12. No. 2. DOI: 10.3390/land12020486.