

УДК 631.46:631.48:930
DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-1-5-13

Почвы земледельческих террас на карбонатных породах Восточного Кавказа

¹Пинской В.Н., ¹Каширская Н.Н., ²Идрисов И.А., ¹Ельцов М.В., ¹Борисов А.В.

¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Россия, 142290, Пушкино, ул. Институтская, 2а

²Институт геологии ДНЦ РАН,
Россия, 367025, Республика Дагестан, Махачкала, ул. М. Ярагского, 75
E-mail: pinskoy@inbox.ru

Аннотация. В горной зоне всегда существовал недостаток пригодных для земледелия почв, поэтому почвы земледельческих террас, которые распространены на территории Восточного Кавказа на данный момент представляют собой уникальный резерв высокоплодородных почв. Но до недавнего времени целенаправленного исследования земледельческих террас региона не проводилось. Целью работы было сравнение и изучение химических и биологических свойств почв на известняках и мергелях в разных геоморфологических условиях (водоразделы и ложбины). Показано высокое потенциальное плодородие почв на карбонатных породах, что определило их длительное земледельческое освоение. Выявлено, что результатом многолетнего функционирования почв склонов в агрогенном эволюционном тренде стало формирование горизонтальных террас, что изменило угол падения солнечных лучей и привело к конвергенции свойств почв на склонах северной и южной экспозиции.

Ключевые слова: Восточный Кавказ, земледельческие террасы, известняк, мергель, экспозиция склона, химические и микробиологические свойства, агростратифицированные почвы

Благодарности: химические и микробиологические анализы выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-29-05205мк. Полевые работы в 2018 г. проводились в рамках Госзадания № 0191-2019-0046.

Для цитирования: Пинской В.Н., Каширская Н.Н., Идрисов И.А., Ельцов М.В., Борисов А.В. 2022. Почвы земледельческих террас на карбонатных породах Восточного Кавказа. Региональные геосистемы, 46(1): 5–13. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-1-5-13

Soils of Agricultural Terraces on Carbonate Rocks of the Eastern Caucasus

¹Viktor N. Pinskoy, ¹Natalya N. Kashirskaya, ²Idris A. Idrisov,

¹Maxim V. Yeltsov, ¹Aleksandr V. Borisov

¹Institute of physical, chemical and biological problems of soil science
of the Russian Academy of Sciences,
2a Institutskaya St, Pushchino 142290, Russia

²Institute of Geology of the DNC RAS,
72 Yaragskogo St, Makhachkala, Republic of Dagestan 375000, Russia
E-mail: pinskoy@inbox.ru

Abstract. We carried out the study of soil properties of agricultural terraces on carbonate rocks in the mountainous zone of the Eastern Caucasus (Republic of Dagestan, Russian Federation). We compared soils on limestone and marl on the slopes of the northern and southern exposures, in different geomorphological conditions (watersheds and hollows). The soils on carbonate rocks have high potential



fertility that caused their long-term agricultural development. In result of the long-term plowing is the terraces with a horizontal surface arising, which changed the angle of incidence of sunlight. This led to the arrival of solar radiation on the soils of the slopes of the southern exposure decreased, and the soils of the terraces of the northern slope, on the contrary, began to receive more solar radiation. As a result, there was a kind of convergence of soil properties of slopes of different exposures. This was most noticeable in such chemical indicators as the content of organic carbon and the of cation exchange capacity. There was also a significant convergence of the biological properties of the soils of the northern and southern exposures after terracing. At the same time, the change in the radiation balance did not affect some chemical properties of agricultural terraces: the most clearly noticeable differences are in the content of mobile forms of phosphates (the content of P_2O_5 in soils on the northern slope exceeds was twice as high). Also, the alkalinity was noticeably higher in the soils on the slopes of the southern exposure. At the same time, we found that in a number of cases, the influence of agricultural technology, as well as modern cattle grazing on the microbiological indicators of the upper horizon of terraced soil was higher than influence of slope exposure.

Keywords: Eastern Caucasus, agricultural terraces, limestone, slope exposure, chemical and biological properties of terraces

Acknowledgements: Chemical and microbiological analyses were carried out with the financial support of RFBR grant No. 19-29-05205 mk. Field work in 2019 was carried out within the framework of State Task No. 0191-2019-0046.

For citation: Pinskoy V.N., Kashirskaya N.N., Idrisov I.A., Yeltsov M.V., Borisov A.V. 2022. Soils of agricultural terraces on carbonate rocks of the Eastern Caucasus. *Regional Geosystems*, 46(1): 5–13 (in Russian) DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-1-5-13

Введение

Вопросы трансформации почв и ландшафтов в древности и средневековье в связи с аграрной деятельностью в прошлом, неизменно привлекают пристальное внимание исследователей [Hall et al., 2013; Lisetskii et al., 2015; Borisov et al., 2016; и др.]. Последствия аграрной деятельности наиболее ярко проявляются в горной зоне, где недостаток пригодных для земледелия почв привел к развитию горного террасного земледелия.

Одним из мировых центров террасного земледелия является горная зона Восточного Кавказа [Агларов, 1964]. Время возникновения террасного земледелия в горной зоне соответствует времени возникновения производящего хозяйства как такового [Амирханов, 1983]. Первые следы земледелия в горной зоне датируются 7-м тыс. до н.э. Именно в это время в спорово-пыльцевых спектрах в горной зоне Восточного Кавказа появляются первые признаки земледелия виде пыльцы культурных злаков и сорняков [Ryabogina et al., 2019]. Поэтому время появления первых террас также можно относить к эпохе энеолита и бронзы.

Следует отметить, что до настоящего времени свойства почв земледельческих террас Дагестана изучены недостаточно. З.Г. Залибеков [2010], М.А. Баламирзоев с соавторами [2008] и другие исследователи приводят общие сведения о почвах земледельческих террас, где подчеркивается уникальность этих почвенных образований, которые в принятой «Классификации и диагностике почв Дагестана» рекомендуется рассматривать на уровне самостоятельного почвенного типа: горные антропогенные почвы [Залибеков, 1982]. Только в последние годы начались целенаправленные исследования свойств почв земледельческих террас в горном Дагестане [Борисов и др., 2018; 2021]. Однако, многие вопросы генезиса и свойств почв земледельческих террас Восточного Кавказа до настоящего времени остаются практически не исследованы. Это относится к вопросам влияния экспозиции склона на свойства почв. В то же время хорошо известно, что в горной зоне экспозиция склона играет чрезвычайно важную роль в процессе почвообразования, важ-

нее чем, например, абсолютная высота [Владыченский, 1998]. Так, на склон южной экспозиции крутизной 20–30 градусов приходится в 5–6 раз больше солнечной радиации, чем на склон северной экспозиции такой же крутизны [Кондратьев и др., 1978]. В этой связи, целью работы была оценка влияния экспозиции склона на химические и биологические свойства почв земледельческих террас на карбонатных породах в горной зоне Восточного Кавказа.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились на двух ключевых участках, расположенных в среднегорной зоне Восточного Кавказа на территории Республики Дагестан (рис. 1). Ключевой участок Муги располагался на северном склоне, здесь были исследованы две террасы на водораздельном участке (Муги-1 и Муги-2) и одна терраса в ложбине (Муги-3). Ключевой участок Камкамахи располагался на склоне южной экспозиции, здесь также были исследованы две террасы на водораздельном участке (Камка-1 и Камка-2) и одна терраса в ложбине (Камка-3). Расстояние между ключевыми участками 13 км.

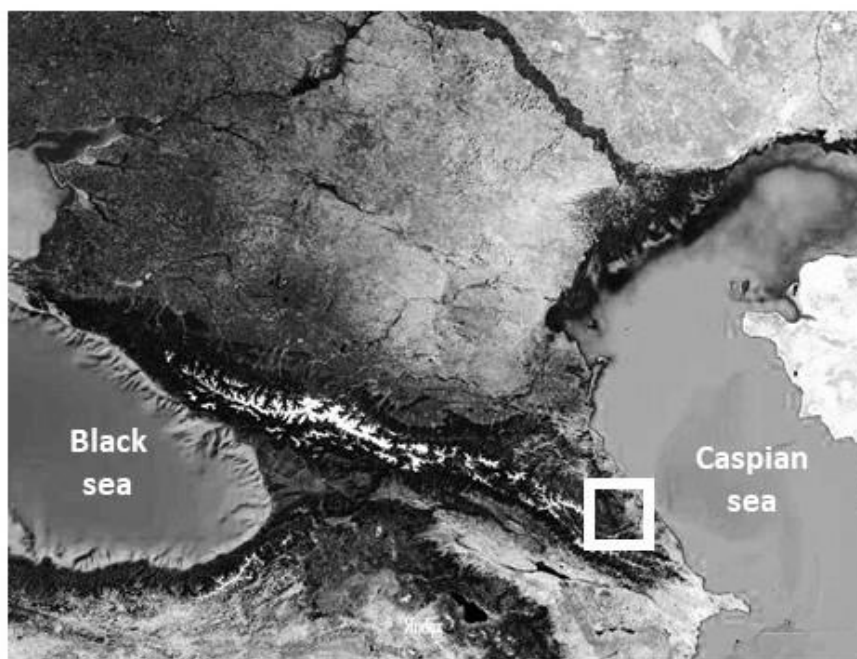


Рис. 1. Район исследования на космическом изображении Кавказа ([www. google.com](http://www.google.com))

Fig. 1. The research area and the location of key sites on the map of the Caucasus ([www. google.com](http://www.google.com))

Абсолютные высоты – 1500–1800 м над уровнем моря. Климат сухой и континентальный. Температура самого теплого месяца (август) достигает 16–19 °С, самого холодного (январь) –5–7 °С, при среднегодовой температуре 6–7 °С. Годовое количество осадков составляет 350–500 мм [Акаев и др., 1996]. Почвообразующие породы на водоразделах представлены известняками, а в ложбинах – элюво-делювиальными мергелями с включениями известняков. Земледельческие террасы находятся в залежном состоянии более 30 лет и используются в основном под выпас скота.

Определение органического углерода проводили по методу влажного окисления по Тюрину со спектрофотометрическим окончанием [Воробьева, 1998]. Определение содержания карбонатов, рН водной вытяжки, содержание подвижных форм P_2O_5 и K_2O , емкости катионного обмена было проведено по традиционным методикам [Аринушкина,

1970], определение гранулометрического состава проводили пипеточным методом по Качинскому [Практикум по почвоведению, 1973].

Для микробиологических исследований образцы отбирались из каждые 10 см слоя. Оценку микробной биомассы, дающей респираторный отклик на внесение глюкозы (С-СИД), проводили методом субстрат-индуцированного дыхания [Anderson, Domsch, 1978]. Уреазную активность определяли индофенольным методом [Kandeler, Gerber, 1988]. Статистическая обработка данных проводилась методом главных компонент в программе Statistica.

Результаты и их обсуждение

Судя по находкам фрагментов керамики в почвах, возникновение земледельческих террас в районе исследования относится к эпохе развитого средневековья (11–14 вв. н.э.). Распашка осуществлялась волами с использованием отвального плуга. Эта технология во многих случаях сохранялась до середины 20 в. Лишь на отдельных наиболее крупных террасах в советское время использовали технику. Массовое забрасывание террас началось в 80 годы.

Таксономическая принадлежность почв. Создание террас с горизонтальной поверхностью на склонах осуществлялось за счет припашки в области тылового шва и вовлечением почвообразующей породы в тело террасы. Таким образом, данные почвы можно отнести к синлитогенному стволу. В области тылового шва формируются агролитоземы, а в прибровочной части стратоземы темногоумусовые, подтип – агростратифицированные [Борисов и др., 2021].

В профиле почв земледельческих террас выделяются следующие горизонты: темногоумусовый горизонт АУ мощностью до 15–20 см, сформировавшийся после прекращения распашки. Этот горизонт можно назвать «слоем запустения». Ниже залегает серия пахотных горизонтов Rj1pa, Rj2pa и т.д., незначительно различающихся по морфологическим свойствам. Эти горизонты можно рассматривать как «слои функционирования» террасы. В некоторых террасах сохраняется гумусовый горизонт погребенной почвы – гор. [АУ].

Почвенные свойства горизонтов функционирования террас. В таблице представлена профильная динамика химических свойств почв на склонах разной экспозиции и в разных геоморфологических позициях.

Установлено, что в погребенной почве такие показатели, как органический углерод (Сорг), подвижные формы фосфатов (P_2O_5) и емкость катионного обмена (ЕКО) превышают значения пахотных горизонтов и нередко соответствуют современным показателям, что свидетельствует о высоком плодородии почв затененного склона.

Антропогенное влияние отразилось на различных свойствах почв, но в наибольшей мере на активности фермента уреазы. Так, в слоях функционирования активность уреазы в почвах на склоне южной экспозиции выше, чем в почвах северного склона, в то время как все другие показатели биологической активности и содержание Сорг были заметно выше в почве затененного склона. Вероятно, это обусловлено высокими нормами удобрений, которые вносились в период функционирования террасы.

В почвах на склоне южной экспозиции, на который приходится наибольшее поступление солнечной радиации, происходит более быстрое выветривание почвенно-грунтового материала, что значительно увеличивает содержание карбонатов в профиле почв и смещает рН в щелочную сторону. Ускоренное разрушение минералов отразилось и на содержании физической глины, которая практически во всех пахотных горизонтах выше на южном склоне. Вероятно, это же повлияло и на повышение подвижных форм калия.

Химические свойства и гранулометрический состав почв сельскохозяйственных террас на известняках
Chemical properties and particle size distribution of soils of agricultural terraces on limestone

Разрез	Глубина, см	Горизонт	C _{орг.} %	CaCO ₃ , %	pH _{водн.}	P ₂ O ₅ , мг/100 г	K ₂ O, мг/100 г	ЕКО ммоль (экв)/100 г	Содержание частиц, мм (%)	
									<0,001	<0,01
Склон северной экспозиции, водораздел										
Муги-2	0–40	AU	2,4	9,1	8,1	1,6	31,4	25,8	22	43
	40–80	[Rj1pa]	2,0	6,6	8,2	0,8	16,9	24,8	21	48
	80–140	[Rj2pa]	2,9	3,1	8,2	0,9	11,9	33,0	21	41
Муги-1	0–20	AU	3,5	8,1	7,9	1,9	29,0	26,3	22	42
	20–50	[Rj1pa]	1,9	8,6	8,1	1,7	22,2	21,9	23	47
	50–80	[Rj2pa]	2,0	6,3	8,2	1,8	17,1	21,4	21	40
	80–110	[AU]	2,9	3,2	8,2	2,0	15,2	28,8	20	41
Склон северной экспозиции, ложбина										
Муги-3	0–20	AU	2,9	10,2	7,9	2,3	27,0	24,2	13	36
	20–30	[Rj1pa]	2,1	9,5	8,0	1,1	16,7	29,0	12	39
	30–70	[Rj2pa]	2,4	5,2	8,1	0,9	14,0	33,1	11	39
	70–90	[AU]	2,6	4,9	8,2	0,5	12,0	32,6	16	37
Склон южной экспозиции, водораздел										
Камка-1	0–20	AU	2,1	9,3	8,4	0,8	33,6	24,8	21	47
	20–60	[Rj1pa]	1,5	9,2	8,4	0,8	21,8	15,0	21	51
	60–90	[Rj2pa]	1,3	8,7	8,2	0,6	22,4	24,0	19	52
Камка-2	0–20	AU	2,8	12,4	8,1	1,1	32,7	22,4	11	37
	20–50	[Rj1pa]	1,9	12,4	8,1	0,7	20,4	17,6	18	44
	50–70	[Rj2pa]	2,0	11,7	8,2	0,6	19,1	15,4	18	46
Склон южной экспозиции, ложбина										
Камка-3	0–20	AU	1,5	11,7	8,3	0,8	38,4	19,8	17	39
	20–60	[Rj1pa]	1,2	11,8	8,4	0,8	32,1	17,6	18	44
	60–140	[Rj2pa]	1,1	12,3	8,4	1,0	22,8	16,3	19	45
	140–160	C	0,7	9,5	8,4	0,6	21,2	15,4	24	51

Почвенные свойства «слоев запустения» террас. Различия в свойствах верхних горизонтов почв склонов разной экспозиции сохраняется по некоторым почвенным параметрам. Так, например, террасирование не повлияло на содержание подвижных форм фосфатов (этот показатель заметно выше на склоне северной экспозиции), а также содержание карбонатов и щелочность, которые всегда выше на южных склонах.

Биологическая активность слоев запустения во многом определяется характером современного использования территории. Так, уреазная активность в гор. AU почв южного склона превышает аналогичные значения северного склона на 50 мкгNH₄/г/ч, что объясняется, по-видимому, современным выпасом скота. Микробная биомасса (С-СИД) в дневных почвах на склонах северной экспозиции на водоразделе варьировала в пределах 750–250 мкг С/г, а на склонах южной экспозиции 500–300 мкг С/г. При этом наименьшее значение С-СИД пришлось на склон северной экспозиции в ложбине (88,6 мкг С/г), что в 2 раза меньше, чем в почвах террас в ложбине на южном склоне.

Визуализацию химических и микробиологических свойств данных почв осуществляли при помощи метода главных компонент (рис. 2).

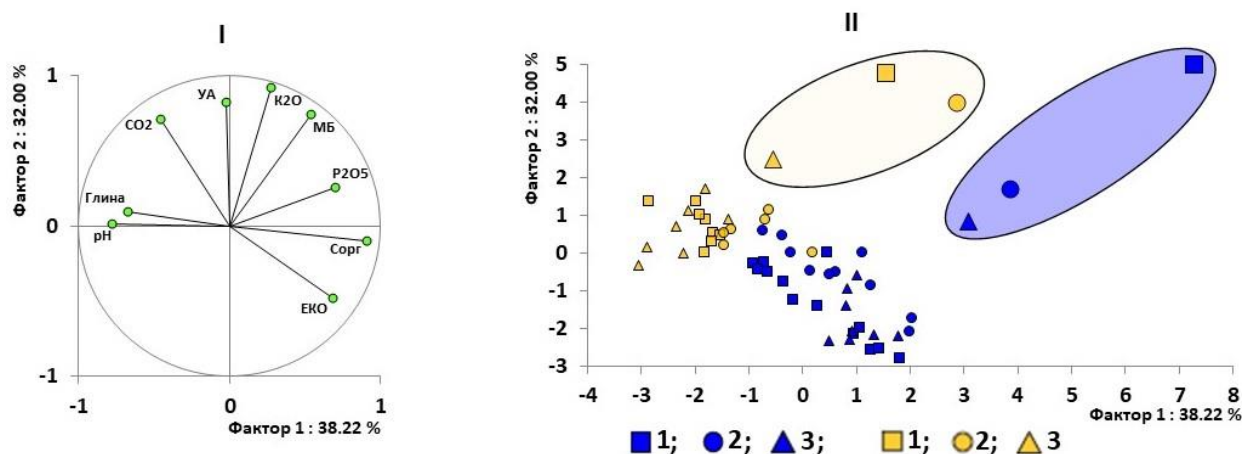


Рис. 2. Проекция химических и биологических характеристик почв (I) и диаграмма рассеивания (II). 1, 2 – разрез на склоне северной экспозиции (водораздел); 3 – разрез на склоне северной экспозиции (ложбина); 4, 5 – разрез на склоне южной экспозиции (водораздел); 6 – разрез на склоне южной экспозиции (ложбина)

Fig. 2. Projections of chemical and biological characteristics of soils (I) and dispersion diagram (II). 1, 2 – sections on the slope of the northern exposure (watershed); 3 – section on the slope of the northern exposure (hollow); 4, 5 – sections on the slope of the southern exposure (watershed); 6 – section on the slope of the southern exposure (hollow)

Склон северной экспозиции характеризуется повышенным содержанием органического углерода, подвижных форм фосфатов и высокой емкостью катионного обмена. Это связано с меньшим поступлением солнечной радиации и более глубоким разложением растительных остатков. Однако, эти различия были значительно менее выражены по сравнению с не террасированными участками на разных склонах [Исмагилов, Абдулвалеев, 2015]. На диаграмме рассеивания (рис. 2), видна конвергенция почвенных свойств террас в гор. AU (увеличенные 6 точек).

В естественных условиях на не террасированных склонах различия почвенных свойств на склонах северной и южной экспозиции намного выше. Так, по данным А.С. Владыченского содержание Сорг в верхнем горизонте на склонах северной и южной экспозиции может различаться более чем в 2 раза, а емкость катионного обмена – еще более значительно [Владыченский, 1998]. В нашем случае различия по содержанию Сорг в почвах террас на водоразделе практически не выражены, и лишь в почвах террас в ложбинах содержание Сорг в 1,9 раз выше на северных склонах. Еще менее заметны различия в ЕКО в почвах на водоразделах северной и южной экспозиции.

Заключение

Таким образом, почвы земледельческих террас на карбонатных породах характеризуются высоким плодородием и издавна привлекали земледельцев, что в ряде случаев приводило к значительной трансформации почвенных свойств.

На сформировавшихся в результате многолетнего террасирования горизонтальных участках склонов изменяется радиационный баланс; в итоге почвы террас на склонах разной экспозиции оказываются в целом, сходными, в то время как на не террасированных склонах разной экспозиции почвы различаются весьма значительно. Таким образом, произошла своего рода конвергенция свойств почв в верхних горизонтах склонов северной и южной экспозиции. Наиболее заметно это проявляется по таким химическим показателям,

как содержание органического углерода и емкость катионного обмена. Различие этих показателей в почвах северного и южного склона на водоразделах уменьшилось в 4 раза. При этом изменение радиационного баланса повлияло не на все химические свойства почв земледельческих террас: наиболее отчетливо различия, связанные с экспозиций склона, прослеживаются по содержанию P_2O_5 (выше на северном склоне) и содержанию карбонатов (всегда выше в почвах на склонах южной экспозиции).

Что касается показателей биологической активности почв, то их варьирование в значительной мере зависит от особенностей агротехники в период функционирования террас и характера использования территории в настоящее время.

Список источников

- Акаев Б.А., Атаев З.В., Гаджиев Б.С., Гаджиева З.Х., Ганиев М.И., Гасангусейнов М.Г., Залибеков З.М., Исмаилов Ш.И., Каспаров С.А., Лепехина А.А., Мусаев В.О., Рабаданов Р.М., Соболев Д.В., Сурмачевский В.И., Тагиров Б.Д., Эльдаров Э.М. 1996. Физическая география Дагестана. М., Школа, 396 с.
- Аринушкина Е.В. 1970. Руководство по химическому анализу почв. М., Изд. МГУ, 490 с.
- Воробьева Л.А. 1998. Химический анализ почв. М., Изд-во МГУ, 272 с.
- Практикум по почвоведению. 1973. Под ред. И.С. Кауричева. М., Колос, 279 с.

Список литературы

- Агларов М.А. 1964. Техника сооружения террасных полей и вопросы эволюции форм собственности. Ученые записки. Том XIII. Серия историческая: 177–193.
- Амирханов Х.А. 1983. Начало земледелия в Дагестане. Природа, 2: 58–59.
- Баламирзоев М.А., Мирзоев Э.Р., Аджиев А.М., Муфараджев К.Г. 2008. Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования. Махачкала, Дагестанское книжное издательство, 335 с.
- Борисов А.В., Каширская Н.Н., Ельцов М.В., Пинской В.Н., Плеханова Л.Н., Идрисов И.А. 2021. Почвы древних земледельческих террас Восточного Кавказа. Почвоведение, 5: 542–557. DOI: 10.31857/S0032180X2105004X.
- Борисов А.В., Коробов Д.С., Идрисов И.А., Калинин П.И. 2018. Почвы земледельческих террас с подпорными стенками в горном Дагестане. Почвоведение, 1: 26–36. DOI: 10.7868/S0032180X18010033.
- Владыченский А.С. 1998. Особенности горного почвообразования. М., Наука, 189 с.
- Залибеков З.Г. 1982. Классификация и диагностика почв Дагестана. Махачкала, Дагестанский филиал АН СССР, 84 с.
- Залибеков З.Г. 2010. Почвы Дагестана. Махачкала, Прикаспийский институт биологических ресурсов, 241 с.
- Исмаилов Р.Р., Абдулвалеев Р.Р. 2015. Пространственная изменчивость плодородия почвы на рельефе. Современные проблемы науки и образования, 1–2: 286.
- Кондратьев К.Я., Пивоварова З.И., Федоров М.П. 1978. Радиационный режим наклонных поверхностей. Л., Гидрометеиздат, 215 с.
- Anderson J.P.E., Domsch K.H. 1978. Physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. Soil Biology and Biochemistry, 10 (3): 215–221. DOI: 10.1016/0038-0717(78)90099-8.
- Borisov A.V., Chernysheva E.V., Korobov D.S. 2016. Buried Paleoanthrosols of the Bronze Age agricultural terraces in the Kislovodsk basin (Northern Caucasus, Russia). Quaternary International, 418: 28–36. DOI: 10.1016/j.quaint.2015.08.054.
- Kandeler E., Gerber H. 1988. Short-term assay of urease activity using colorimetric determination of ammonium. Biology and fertility of soils, 6: 68–72. DOI: 10.1007/BF00257924.
- Lisetskii F., Stolba V., Marinina. O. 2015. Indicators of agricultural soil genesis under varying conditions of land use, Steppe Crimea. Geoderma, 239–240: 304–316. DOI: 10.1016/j.geoderma.2014.11.006.



- Ryabogina N., Borisov A., Idrisov I., Bakushev M. 2019. Holocene environmental history and populating of mountainous Dagestan (Eastern Caucasus, Russia). *Quaternary International*, 516: 111–126. DOI: 10.1016/j.quaint.2018.06.020.
- Hall Sh.J., Trujillo J., Nakase D., Strawhacker C., Kruse-Peebles M., Schaafsma H., Briggs J. 2013. Legacies of Prehistoric Agricultural Practices Within Plant and Soil Properties Across an Arid Ecosystem. *Ecosystems*, 16: 1273–1293. DOI: 10.1007/s10021-013-9681-0.

References

- Aglarov M.A. 1964. Tekhnika sooruzheniya terrasnykh poley i voprosy evolyutsii form sobstvennosti [The technique of construction of terraced fields and the issues of the evolution of ownership forms]. *Uchenyye zapiski. Tom XIII. Seriya istoricheskaya*: 177–193.
- Amirkhanov H.A. 1983. Nachalo zemledeliya v Dagestane [The beginning of agriculture in Dagestan]. *Priroda*, 2: 58–59.
- Balamirzoev M.A., Mirzoev E.R., Adzhiev A.M., Mufarajev K.G. 2008. Pochvy Dagestana. Ekologicheskiye aspekty ikh ratsionalnogo ispolzovaniya [Soils of Dagestan. Ecological aspects of their rational use]. Makhachkala, Dagestanskoye knizhnoye izdatelstvo, 335 p.
- Borisov A.V., Kashirskaya N.N., El'tsov M.V., Pinsky V.N., Plekhanova L.N., Idrisov I.A. 2021. Soils of Ancient Agricultural Terraces of the Eastern Caucasus. *Eurasian Soil Science*, 54 (5): 665–679 (in Russian). DOI: 10.1134/S1064229321050045.
- Borisov A.V., Kalinin P.I., Korobov D.S., Idrisov I.A. 2018. Soils of agricultural terraces with retaining walls in the mountains of Dagestan. *Eurasian Soil Science*, 51 (1): 22–31 (in Russian). DOI: 10.1134/S1064229318010040.
- Vladychenskiy A.S. 1998. Osobennosti gornogo pochvoobrazovaniya [Features of mountain soil formation]. Moscow, Publ. Nauka, 189 p.
- Zalibekov Z.G. 1982. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Dagestana [Classification and diagnostics of soils of Dagestan]. Makhachkala, Publ. Dagestan branch of the USSR Academy of Sciences, 84 p.
- Zalibekov Z.G. 2010. Pochvy Dagestana [Soils of Dagestan]. Makhachkala, Publ. Prikaspiyskiy institut biologicheskikh resursov, 241 p.
- Ismagilov R.R., Abdulvaleev R.R. 2015. Spatial variability of soil fertility on the relief. *Modern problems of science and education*, 1–2: 286 (in Russian).
- Kondratiev K.Ya., Pivovarov Z.I., Fedorov M.P. 1978. Radiatsionnyy rezhim naklonnykh poverkhnostey [Radiation regime of inclined surfaces]. Leningrad, Publ. Hydrometeoizdat, 215 p.
- Anderson J.P.E., Domsch K.H. 1978. Physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 10 (3): 215–221. DOI: 10.1016/0038-0717(78)90099-8.
- Borisov A.V., Chernysheva E.V., Korobov D.S. 2016. Buried Paleoanthrosols of the Bronze Age agricultural terraces in the Kislovodsk basin (Northern Caucasus, Russia). *Quaternary International*, 418: 28–36. DOI: 10.1016/j.quaint.2015.08.054.
- Kandeler E., Gerber H. 1988. Short-term assay of urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and fertility of soils*, 6: 68–72. DOI: 10.1007/BF00257924.
- Lisetskii F., Stolba V., Marinina O. 2015. Indicators of agricultural soil genesis under varying conditions of land use, Steppe Crimea. *Geoderma*, 239–240: 304–316. DOI: 10.1016/j.geoderma.2014.11.006.
- Ryabogina N., Borisov A., Idrisov I., Bakushev M. 2019. Holocene environmental history and populating of mountainous Dagestan (Eastern Caucasus, Russia). *Quaternary International*, 516: 111–126. DOI: 10.1016/j.quaint.2018.06.020.
- Hall Sh.J., Trujillo J., Nakase D., Strawhacker C., Kruse-Peebles M., Schaafsma H., Briggs J. 2013. Legacies of Prehistoric Agricultural Practices Within Plant and Soil Properties Across an Arid Ecosystem. *Ecosystems*, 16: 1273–1293. DOI: 10.1007/s10021-013-9681-0.

*Поступила в редакцию 14.01.2022;
поступила после рецензирования 28.02.2022;
принята к публикации 09.03.2022*

*Received January 14, 2022;
Revised February 28, 2022;
Accepted March 9, 2022*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пинской Виктор Николаевич, м.н.с., аспирант лаборатории археологического почвоведения Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино, Россия.

Каширская Наталья Николаевна, к.б.н., с.н.с., лаборатории археологического почвоведения Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино, Россия.

Идрисов Идрис Абдулбутаевич, к.г.н., в.н.с., Института геологии Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН, г. Махачкала, Россия.

Ельцов Максим Витальевич, к.б.н., с.н.с., лаборатории археологического почвоведения Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино, Россия.

Борисов Александр Владимирович, к.б.н., в.н.с., зав. лаб. археологического почвоведения Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино, Россия.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Viktor N. Pinskoy, junior researcher post-graduate student of the laboratory of archaeological soil Science of the Institute of physical, chemical and biological problems of soil science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia.

Natalya N. Kashirskaya, Phd in biology, main researcher of the laboratory of archaeological soil Science of the Institute of physical, chemical and biological problems of soil science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia.

Idris A. Idrisov, Phd in geography, leading researcher head of the Institute of Geology Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia.

Maxim V. Eltsov, Phd in biology, main researcher of the laboratory of archaeological soil Science of the Institute of physical, chemical and biological problems of soil science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia.

Aleksandr V. Borisov, Phd in biology, leading researcher head of the laboratory of archaeological soil Science of the Institute of physical, chemical and biological problems of soil science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia.