

УДК 631.4:631.613

**ПОЧВЫ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ТЕРРАС В ТРУДАХ ЗАРУБЕЖНЫХ
ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ****Андреева Дарья Александровна,**

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград

Магистрант кафедры экологии и природопользования

@mail: EPm-241_266422@volsu.ru

Аннотация

В статье представлен обзор исследований почв террасированных склонов, проведённых зарубежными учёными. Рассмотрена история и географическое распространение террасного земледелия, его роль в современном сельском хозяйстве. Проанализированы научные публикации из электронных библиотек «ResearchGate», «Springer Link», «Google Scholar» с использованием ключевых слов, связанных с террасами и почвами. Особое внимание уделено исследованиям в Европе (Средиземноморье) и Азии (Китай, Индокитай, Филиппины, Индонезия), где террасное земледелие наиболее распространено. Освещены основные направления исследований: классификация, свойства почв террас, накопление органического углерода, сельскохозяйственное использование, охрана почв и археологические аспекты.

Ключевые слова: террасированные склоны, террасное земледелие, почвы террас, освоение склонов, эрозия почв, зарубежное почвоведение.

**SOILS OF AGRICULTURAL TERRACES IN THE WORKS OF FOREIGN
RESEARCHERS****Andreeva Darya Alexandrovna,**

Volgograd State University, Volgograd

Master's student of the Department of Ecology and Environmental Management

@mail: EPm-241_266422@volsu.ru

ABSTRACT

The article provides an overview of studies of terraced slope soils conducted by foreign scientists. The article examines the history and geographical distribution of terraced agriculture, its role in modern agriculture. Scientific publications from the electronic libraries "ResearchGate", "Springer Link", "Google Scholar" were analyzed using keywords related to terraces and soils. Special attention is paid to research in Europe (the Mediterranean) and Asia (China, Indochina, the Philippines, Indonesia), where terrace farming is most widespread. The main research directions are highlighted: classification, properties of terraced soils, accumulation of organic carbon, agricultural use, soil protection and archaeological aspects.

Keywords: terraced slopes, terraced agriculture, terraced soils, slope development, soil erosion, foreign soil science.

Введение

Террасное земледелие представляет собой сложную и проверенную временем систему адаптации сельского хозяйства к гористой местности. Этот подход имеет глубокие исторические корни, широкое географическое распространение и важное значение для современного сельского хозяйства и экологической устойчивости. Истоки террасного земледелия восходят к древним цивилизациям. Первые свидетельства использования террас обнаружены в Азии, датируемые 5-3 тысячелетиями до нашей эры. Террасное земледелие получило распространение в регионах с гористым и холмистым рельефом, где традиционные методы земледелия неэффективны или невозможны. Это такие регионы как Азия (Китай, Филиппины, Индонезия, Непал, Япония), Южная Америка (Перу, Боливия, Эквадор), Средиземноморье (Италия, Греция, Испания, Португалия), Африка (Мадагаскар, Эфиопия) [1-5].

В современном мире террасное земледелие продолжает играть важную роль в обеспечении продовольственной безопасности и поддержании экономического благосостояния населения горных регионов. Террасы используются для выращивания широкого спектра культур, включая: рис, кукуруза, пшеница, ячмень, картофель, бобовые, цитрусовые, виноград, оливки, чай, кофе.

Изучение почв террасированных склонов представляет собой критически важную задачу для обеспечения устойчивого земледелия, сохранения биоразнообразия и адаптации к изменению климата в горных и холмистых регионах. Почвы террас являются уникальными экосистемами, сформировавшимися под воздействием как природных факторов (геологии, климата, рельефа), так и антропогенного влияния (технологий террасирования, сельскохозяйственных практик). Глубокое понимание свойств, процессов и функций этих почв необходимо для оптимизации землепользования и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Цель исследования заключается в том, чтобы на основе анализа научных публикаций зарубежных исследователей систематизировать и обобщить современные знания о почвах террасированных склонов, выявить основные направления и результаты исследований в различных регионах мира, а также определить приоритетные области для дальнейшего изучения и разработки устойчивых методов управления почвенными ресурсами в террасированных агроландшафтах.

Методы

Литературный обзор проведён на основе изучения и анализа научных публикаций на английском языке, размещённых в электронных библиотеках научных публикаций «ResearchGate», «Springer Link», «Google Scholar». Поиск осуществлялся с использованием следующих ключевых слов и фраз: terrace, terraces, bench terraces, terrace agricultural, rice terrace, vineyard terraces, terrace systems, agricultural terraces, terrace construction, terracing, terracing technique, water conservation terrace structure, terraced paddy fields, terrace soil, agricultural terrace soils, terraced soils.

Результаты

На территории Европы исследования террасных комплексов сосредоточены прежде всего в Средиземноморском регионе и касаются как древних, так современных сельскохозяйственных террас, в особенности в районах виноградарства. В научных работах представлены такие страны как Италия [16, 29], Испания [15], Греция [20], Португалия [23]. Помимо этого, ведутся работы на территории Великобритании, Франции, Бельгии и Нидерландов [11, 48].

Исследования касаются таких проблем как классификация и картографирование почв террас, их морфологические и физические свойства, накопление органического углерода в почве, сельскохозяйственное использование и охрана почв террасированных склонов. Почвы древних земледельческих террас также изучаются с позиций археологии и палеопочвоведения.

Множество исследований сосредоточено в Азиатском регионе. Лидером по исследованию террасных почв является Китай, где находится один из древнейших и крупнейших центров террасного земледелия, и где и поныне террасированные склоны активно вовлечены в сельское

хозяйство, в особенности в рисоводстве и чаеводстве. Исследования охватывают широкий спектр направлений, среди которых генезис, морфология, классификация и картография почв, физические, химические и биологические свойства почв, моделирование водной эрозии и защита почв от эрозии, водный баланс почв, засоление и мелиорация почв, агрономическое использование земель [9, 12, 14, 21, 26, 33, 34, 42, 44-47].

В Индокитае, в таких странах как Вьетнам и Таиланд, изучение почв террасированных склонов направлены на прикладные вопросы агрохимических свойств и плодородия для растениеводства, в особенности для выращивания риса [8, 32, 38,].

На Филиппинах исследования сосредоточены на вопросах охраны почв, водном балансе и использованию почв в рисоразведении [18].

В Индонезии исследования сосредоточены на вопросах водной эрозии, в частности моделирования эрозии и защиты почв от эрозии, морфологии и агрохимии почв, сельскохозяйственного использования земель [6, 39-41].

В Японии изучают водный баланс, химию и биологию почв террас [28].

На территории Индостана научный интерес к террасным почвам направлен на защиту почв от эрозии и её моделирование, а также водный баланс почв [10, 30, 35].

На Ближнем Востоке научные работы проводятся на территории таких стран как Израиль, Оман. Там изучается генезис, морфология и экология почв древних террас [24, 37].

На территории Африканского континента немногочисленные исследования касаются прикладных аспектов ведения сельского хозяйства, таких как сохранение почвенной влаги, сохранение и повышения плодородия почв и их защита от эрозии. В научных публикациях представлены такие страны как Кения, Руанда, Уганда, Эфиопия [7, 25, 27, 36, 43].

В Южной Америке террасное земледелие известно с древних времён и активно применялось инками и более ранними цивилизациями индейцев доколониальной Америки. Древние доиспанские террасные комплексы сосредоточены главным образом на территории Перу, Чили и Эквадора, они изучаются с позиций археологии, генезиса и морфологии почв. Очаги, где практикуется террасное земледелие изучаются в контексте охраны и восстановления почв, её агрохимических и агрофизических свойств для нужд земледелия [13, 17, 19, 22, 31].

Заключение

Проведенный обзор зарубежных исследований почв террасированных склонов выявил значительный интерес к этой теме в различных регионах мира, что обусловлено важной ролью террасного земледелия в обеспечении продовольственной безопасности и поддержании устойчивости горных и холмистых ландшафтов.

В Европе, особенно в Средиземноморском регионе (Италия, Испания, Греция, Португалия), исследования сфокусированы на классификации, морфологических и физических свойствах почв террас, накоплении органического углерода, сельскохозяйственном использовании и охране почв, а также на археологических аспектах древних земледельческих террас.

Азиатский регион, в частности Китай, является лидером в изучении террасных почв. Исследования здесь охватывают широкий спектр направлений, включая генезис, морфологию, классификацию, физические, химические и биологические свойства почв, моделирование водной эрозии и защиту почв, водный баланс, засоление и мелиорацию почв, агрономическое использование земель. В странах Индокитая (Вьетнам, Таиланд) акцент сделан на прикладных вопросах агрохимических свойств и плодородия почв для растениеводства, особенно рисоводства. На Филиппинах исследования посвящены охране почв, водному балансу и использованию почв в рисоводстве. В Индонезии изучаются вопросы водной эрозии, моделирования эрозии и защиты почв. В Японии исследуются водный баланс, химия и биология почв террас.

На Индостане исследования направлены на защиту почв от эрозии, моделирование эрозии и водный баланс. На Ближнем Востоке (Израиль, Оман) изучают генезис, морфологию и экологию почв древних террас.

Африканские исследования, хотя и немногочисленны, касаются прикладных аспектов ведения сельского хозяйства, таких как сохранение почвенной влаги, сохранение и повышение плодородия почв и их защита от эрозии (Кения, Руанда, Уганда, Эфиопия).

Анализ показал, что приоритеты исследований почв террасированных склонов определяются региональными особенностями и потребностями сельского хозяйства. Дальнейшие исследования необходимы для разработки и внедрения устойчивых методов управления почвенными ресурсами на террасированных склонах, что позволит обеспечить продовольственную безопасность, сохранить биоразнообразие и адаптироваться к изменяющимся климатическим условиям. Необходимо также учитывать и интегрировать опыт различных регионов для создания комплексных и эффективных стратегий землепользования на террасах.

Список литературы:

1. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Учебное пособие. Под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
2. Глазовская М.А. Почвы зарубежных стран: Учебное пособие для геогр. спец. ун-тов. – М.: Высш. шк., 1983. 312 с.
3. Грачёва Р.Г., Идрисов И.А. Сельскохозяйственные террасные комплексы горных регионов: культурно-историческое наследие и неотъемлемый элемент ландшафта. // Вопросы географии. – 2021. – Сб. 153. География и экология культуры. Сохранение наследия. – С. 68-89.
4. Дьяконов К.Н., Аношко В.С. Мелиоративная география: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1995. 254 с.
5. Скрипникова М.М. Рукотворные террасовые агроэкосистемы горных ландшафтов Евразии // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2007. – №10(36). – С. 35-45.
6. Asbur Y., Yahya S., Murti Laksono K., Sudragjat, Sutarta E.S. The Roles of *Asystasia gomgetica* (L.) T. Anderson and Ridge Terrace in Reducing Soil Erosion and Nutrient Losses in Oil Palm Plantation in South Lampung, Indonesia // Journal of Tropical Crop Science. – 2016. – Vol.3. – No 2. 49-55 pp.
7. Bugenimana D., Moenga S., Aggee B. Assessment of Crop Yields and Soil Fertility Based on the Location of Bench Terraces in the Landscape // International Journal of Scientific and Engineering Research. – Vol. 8. – No 2. – 724-738 pp.
8. Bui A.T.K., Duong L.T., Nguyen M.N. Accumulation of copper and cadmium in soil-rice systems in terrace and lowland paddies of the Red River basin, Vietnam: the possible regulatory role of silicon // Environ Geochem Health. – 2020. – No 42. – 3753-3764 pp.
9. Chen D., Wei W., Chen L. Effects of terracing on soil properties in three key mountainous regions of China // Geography and Sustainability. – 2021. – No 2. – 195-206 pp.
10. Chidi C.L., Zhao W., Chaudhary S., Xiong D., Wu Y. Sensitivity Assessment of Spatial Resolution Difference in DEM for Soil Erosion Estimation Based on UAV Observations: An Experiment on Agricultural Terraces in the Middle Hill of Nepal // International Journal of Geo-Information. – 2021. – No 10. 28.
11. Cucchiario S., Paliaga G., Fallu D.J. et.al. Volume estimation of soil stored in agricultural terrace systems: A geomorphometric approach // Catena. – 2021. – No 207. Article 159277.
12. Feng J., Wei W., Pan D. Effects of rainfall and terracing-vegetation combinations on water erosion in a loess hilly area, China // Journal of Environmental Management. – 2020. – No 261. – 110247.

13. Goodman-Elgar M. Evaluating soil resilience in long-term cultivation: a study of pre-Columbian terraces from the Paca Valley, Peru // *Journal of Archaeological Science*. – 2008. – No 35. – 3072-3086 pp.
14. He D, Chu J, Yang H. Environmental changes in Yellow River Delta with terrace construction and agricultural cropping // *PeerJ*. – 2021. – 9: e12469.
15. Itkin D., Poch R. M., Curtis Monger H. C. et.al. Pedology of archaeological stone wall bench terraces // *Geoderma*. – 428. – 2022. – 116-129 pp.
16. Koster K., Guttmann-Bond E., Kluiving S., van Leusen M. Detecting buried archaeological soils with TGA in an agricultural terrace setting in Northern Calabria, Italy. Amsterdam: Groningen Institute for Archaeology, Rijks Universiteit Groningen, 2012. 90 p.
17. Kraemer N., Dercon G., Cisneros P., Arango L.F., Wellstein C. Adding another dimension: Temporal development of the spatial distribution of soil and crop properties in slow-forming terrace systems // *Agricultural, Ecosystems and Environment*. – 2019. – No 283. – 106543.
18. Lehmann R. Terrace degradation and soil erosion on Naxos Island, Greece // *Farmland Erosion: In Temperate Plains Environment and Hills*. – 1993. – 429-450 pp.
19. Kurozumi T., Mori Y., Somura H., O-How M. Organic Matter Clogging Results in Undeveloped Hardpan and Soil Mineral Leakage in the Rice Terraces in the Philippine Cordilleras // *Water*. – 2020. – No 12(11). – 3158.
20. Leceta F., Binder C., Mader C. et. al. The impact of agriculture on tropical mountain soils in the western Peruvian Andes: a pedo-geoarchaeological study of terrace agricultural systems in the Laramate region (14.5°) // *Preprint*. – 2024. – No 10. – 727-761 pp.
21. Liu S. L., Dong Y.H., Li D., Liu Q., Wang J., Zhang X.L. Effects of different terrace protection measures in a sloping land consolidation project targeting soil erosion at the slope scale // *Ecological Engineering*. – 2013. – No 53. – 46-53 pp.
22. Mader C., Godde P., Behl M., Binder G. et. al. An integrative approach to ancient agricultural terraces and forms of dependency: the case of Cutamalla in the prehispanic Andes // *Frontiers in Environmental Archaeology*. – 2024. – No 3. – 1328315.
23. Martins M. A. S., Gonzalez-Pelayo O., Machado A. I. et.al. Assessment of short to medium-term impacts of bench terrace construction on soil water repellency in north-central Portugal // *Geoderma Regional*. – 2023. – No 35. 7-19 pp.
24. Moraetis D., Al Kindi S.S., Al Saadi S.K. et. al. Terrace agriculture in a mountainous arid environment – A study of soil quality and regolith provenance: Jabal Akhdar (Oman) // *Geoderma*. – 2020. – No 363. – 114152.
25. Mutio J.M., Kebenuy S., Njoroge R. et. al. Effect of land rehabilitation measures on soil organic carbon fractions in semi-arid environment // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. – 2023. – No 7. – 1095865.
26. Ni S.J., Zhang J.H. Variation of chemical properties as affected by soil erosion on hillslopes and terraces // *European Journal of Soil Science*. – 2007. – No 58. 1285-1292 pp.
27. Njiru E., Baaru M., Gachene C. Assessment of Soil Moisture and Nutrients on Terrace Slopes of Hard-Setting Soils in Semi-Arid Eastern Kenya // *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. – 2022. – No 25. – 10.

28. Oyanagi N., Nakata M. Seasonal changes in properties of abandoned terraced paddy field soil incubated under different water content conditions // *Paddy Water Environ.* – 2013. – No 11. – 207-216 pp.
29. Pijl A., Barneveld P., Mauri L. et. al. Impact of mechanization on soil loss in terraced vineyard landscapes // *Geographical Research Letters.* – 2019. – No 45. – 287-308 pp.
30. Rashid M., ur Rehman O., Alvi S., Kausar R., Akram M.I. The Effectiveness of soil and water conservation terrace structures for improvement of crops and soil productivity in rainfed terraced system // *Pakistan Journal of Agricultural Research.* – 2016. – Vol. 53(1). – 241-248 pp.
31. Sandor J.A., Huckleberry G., Hayashida F.M., Parcero-Oubina C., Salazar D., Trocoso A., Ferro-Vazquez C. Soils in ancient irrigated agricultural terraces in the Atacama Desert, Chile // *Geoarchaeology.* – 2021. – Vol. 1. – 96-119 pp.
32. Sang-Arun J., Mihara M., Horaguchi Y., Yamaji E. Soil erosion and participatory remediation strategy for bench terraces in northern Thailand // *Catena.* – 2005. – No 65. – 258-264 pp.
33. Shao S., Li Y., Li Z., Ma X., Zhu Y., Luo Y., Cai P., Jia X., Rensing C., Li Q. Impact of Tea Tree Cultivation on Soil Microbiota, Soil Organic Matter, and Nitrogen Cycling in Mountainous Plantations // *Agronomy.* – 2024. – No 14. – 638.
34. Shi X., Song X., Zhao G., Yang Q., Abbott L.K., Li F. Manure Application Is the Key to Improving Soil Quality of New Terraces // *Sustainability.* – 2022. No 14. – 15166.
- 35.
36. Singh S.B. Valuation of soil erosion effects in bench terrace, Puertorican terrace and shifting cultivation systems in Meghalaya state // *Indian Journal of Agricultural Economics.* – No 56 (3). – 335-345 pp.
37. Siriri D., Wilson J., Coe R. et. al. Trees improve water storage and reduce soil evaporation in agroforestry systems on bench terraces in SW Uganda // *Agroforestry Systems.* – 2013. – No 87. – 45-58 pp.
38. Stavi I., Rozenberg T., Al-Ashhab A., Argaman E., Groner E. Failure and Collapse of Ancient Agricultural Stone terraces: On-Site Effects on Soil and Vegetation // *Water.* – 2018. – No 10. – 1400.
39. Tamikanon C., Sharp A. Quality of soil from agricultural terrace in comparison with other types of land use, a case study in Nan Province, Thailand // *GMSARN International Journal.* – 2018. – No 12. 145-150 pp.
40. Tando P.K.V., Ngadisih, Susanto S., Suryatmojo H., Farizi F.A. Evaluation of terrace design as soil and water conservation technique in Karangkoobar catchment, Banjarnegara, Indonesia // *IOP Conference Series Earth and Environmental Science.* – 2019. –No 355(1). – 012022.
41. Van Dijk A.I.J.M., Bruijnzeel L.A. Runoff and soil loss from bench terraces. An eventbased erosion process model // *European Journal of Soil Science.* – 2004. – No 55. – 317-334 pp.
42. Van Dijk A.I.J.M., Bruijnzeel L.A. Terrace erosion and sediment transport model: a new tool for soil conservation planning in bench-terraced steeplands // *Environmental Modelling Software.* – 2003. – No 18. – 839-850 pp.

43. Wang G., Liu B., Henderson M., Zhang Y., Zhang Z., Chen M., Guo H., Huang W. Effect of Terracing on Soil Moisture of Slope Farmland in Northeast China's Black Soil Region // Agriculture. – 2023. – No 13. – 1876.
44. Wolka K., Biazin B., Martinsen V., Mulder J. Spatial variation in soil properties and crop yield on stone bund terraces in southwest Ethiopia // Soil and Management. – 2022. – No 38. – P 1736-1748 pp.
45. Xiao L., Huang Y., Zeng Q. et al. Soil enzyme activities and microbial biomass response to crop types on the terraces of the Loess Plateau, China // Journal Soils Sediments. – 2018. – No 18. 1971-1980 pp.
46. Xu Y., Zhu G., Wan Q., Yong L., Ma H., Sun Zh., Zhang Zh., Qiu D. Effect of terrace construction on soil moisture in rain-fed farming area of Loess Plateau // Journal of Hydrology: Regional Studies. – 2021. –No 37. 100889.
47. Zhang Q., Li Y., Xing J., Brookes P.C., Xu J. Soil available phosphorus content drives the spatial distribution of archaeal communities along elevation in acidic terrace paddy soils // Science of the Total Environment. – 2019. – No 658. – 723-731 pp.
48. Zhang Y., Long Y., An J., Yu X., Wang X. Spatial patterns of ¹³⁷Cs inventories and soil erosion from earth-banked terraces in the Yimeng Mountains, China // Journal of Environmental Radioactivity. – 2014. – No 136. – 1-9 pp.
49. Zhao P., Fallu D.J., Cucchiaro S. et. al. Soil organic carbon stabilization mechanisms and temperature sensitivity in old terraced soils // Biogeosciences. – No 18. – 6301-6312 pp.

References:

1. Gerasimova M.I., Stroganova M.N., Mozharova N.V., Prokofieva T.V. Anthropogenic soils: genesis, geography, reclamation. The training manual. Edited by G.V. Dobrovolsky. Smolensk: Oikumena, 2003. 268 p.
2. Glazovskaya M.A. Soils of foreign countries: A textbook for geographical special universities, Moscow: Higher School of Economics, 1983. 312 p.
3. Gracheva R.G., Idrisov I.A. Agricultural terraced complexes of mountainous regions: cultural and historical heritage and an integral element of the landscape. // Geography issues. – 2021. – Sat. 153. Geography and ecology of culture. Preservation of heritage. – pp. 68-89.
4. Dyakonov K.N., Anoshko V.S. Meliorative geography: Textbook. Moscow: Publishing House of Moscow State University, 1995. 254 p.
5. Skripnikova M.M. Man-made terraced agroecosystems of mountain landscapes of Eurasia // Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2007. – №10(36). – Pp. 35-45.
6. Asbur Yu., Yahya S., Murtalaksana K., Sudrajat, Sutarta E.S. The role of *Asystasia gomgetica* (L.) T. Anderson and Ridge Terrace in reducing soil erosion and nutrient loss on oil palm plantations in South Lampung, Indonesia // Journal of Tropical Crop Science. – 2016. – Volume 3. – No. 2. – pp. 49-55.
7. Bugenimana D., Moenga S., Aggi B. Assessment of crop yields and soil fertility based on the location of ledged terraces in the landscape // International Journal of Scientific and Engineering Research. – Vol. 8. – No. 2. – 724-738 p

8. Bui A.T.K., Duong L.T., Nguyen M.N. Accumulation of copper and cadmium in soil-rice systems in terraced and flat rice fields of the Red River basin, Vietnam: a possible regulatory role of silicon // *Environmental health and Geochemistry*. – 2020. – No. 42. – 3753-3764 p.
9. Chen D., Wei W., Chen L. The impact of terracing on soil properties in three key mountainous regions of China // *Geography and sustainable development*. – 2021. – No. 2. – 195-206 p.
10. Chidi K.L., Zhao V., Chaudhary S., Xiong D., Wu Yu. Assessment of the sensitivity of differences in the spatial resolution of the DEM for assessing soil erosion based on observations from UAVs: an experiment on agricultural terraces in the Middle mountains of Nepal // *International Journal of Geoinformatics*. – 2021. – No 10. 28.
11. Cucciario S., Paliaga G., Falloux D.J. et.al . Estimation of the volume of soil stored in agricultural terraced systems: a geomorphometric approach // *Catena*. – 2021. – Number 207. Article 159277.
12. Feng J., Wei W., Pan D. The influence of precipitation and a combination of terraced vegetation on water erosion in loess hilly areas of China // *Journal of Environmental Management*. – 2020. – № 261. – 110247.
13. Goodman-Elgar M. Assessment of soil stability under long-term cultivation: a study of pre-Columbian terraces from the Paca Valley, Peru // *Scientific Archaeological Journal*. – 2008. – № 35. – 3072-3086 C.
14. He D., Chu J., Yang H. Ecological changes in the Yellow River delta as a result of the construction of terraces and cultivation of crops // *PeerJ*. – 2021. – 9: e12469.
15. Itkin D., Pokh R. M., Curtis Monger H. S. et.al . Geography of archaeological stone wall benches-terraces // *Geoderma*. – 428. – 2022. – 116-129 p.
16. Koster K., Guttman-Bond E., Klaving S., van Leysen M. Discovery of buried archaeological soils using TGA on agricultural terraces in Northern Calabria, Italy. Amsterdam: Groningen Institute of Archaeology, State University of Groningen, 2012. 90 p.
17. Kremer N., Derkon G., Cisneros P., Arango L.F., Wellstein S. Adding another dimension: a temporary change in the spatial distribution of soil and crop properties in slowly forming terraced systems // *Agriculture, ecosystems and environment*. – 2019. – № 283. – 106543.
18. Lehmann R. Degradation of terraces and soil erosion on the island of Naxos, Greece // *Erosion of agricultural lands: in conditions of temperate plains and hills*. – 1993. – 429-450 p.
19. Kurozumi T., Mori Y., Somura H., O-Hau M. Contamination by organic substances leads to underdevelopment of solid soil and leakage of minerals from the soil on rice terraces of the Philippine Cordillera // *Water*. – 2020. – № 12(11). – 3158.
20. Leketa F., Binder S., Mader S. and others. The impact of agriculture on mountainous tropical soils in the Western Peruvian Andes: a pedogeoarchaeological study of terraced farming systems in the Laramate region (14.5°) // *Preprint*. – 2024. – № 10. – 727-761 C.
21. Liu S. L., Dong Y.H., Li D., Liu K., Wang J., Zhang H.L. The impact of various terrace protection measures in the framework of the slope land consolidation project aimed at slope-scale soil erosion // *Environmental engineering*. – 2013. – No. 53. – 46-53 p.

22. Mader S., Godde P., Bel M., Binder G. et al. An integrative approach to ancient agricultural terraces and forms of dependence: on the example of Kutamalla in the Pre-Hispanic Andes // *Frontiers of Ecological Archaeology*. – 2024. – № 3. – 1328315.
23. Martins M. A. S., Gonzalez-Pelayo O., Machado A. I. et.al . Assessment of the short- and medium-term impact of the construction of bench terraces on the water-repellency of the soil in north-central Portugal // *Geoderma Regional*. - 2023. - № 35. 7-19 p.
24. Moraetis D., Al-Kindi S.S., Al-Saadi S.K. and others. Terraced agriculture in arid mountainous areas – a study of soil quality and the origin of regolith: Jabal Akhdar (Oman) // *Geoderma*. – 2020. – № 363. – 114152.
25. Mutio J.M., Kebenui S., Njoroge R. et al. The impact of land restoration measures on the fractions of organic carbon in soil in semi-arid conditions // *Frontiers in sustainable food systems*. – 2023. – № 7. – 1095865.
26. Ni S.J., Zhang J.H. Changes in soil chemical properties under the influence of erosion on hillsides and terraces // *European Journal of Soil Science*. - 2007. - No. 58. 1285-1292 p.
27. Ndjiru E., Baaru M., Gachene S. Assessment of soil moisture and nutrients on the slopes of terraces with hard soils in semi-arid Eastern Kenya // *Tropical and subtropical agroecosystems*. – 2022. – № 25. – 10.
28. Oyanagi N., Nakata M. Seasonal changes in soil properties of abandoned terraced rice fields grown under conditions of different water content // *Paddy Water Environment*. – 2013. – № 11. – 207-216 C.
29. Piil A., Barneveld P., Mauri L. and others. The effect of mechanization on soil loss in terraced vineyard landscapes // *Letters on Geographical Research*. – 2019. – No. 45. – 287-308 p.
30. Rashid M., ur Rehman O., Alvi S., Kausar R., Akram M.I. The effectiveness of terraced structures that preserve soil and water to increase crop and soil yields in non-irrigated terraced systems // *Pakistan Journal of Agricultural Research*. – 2016. – Volume 53(1). – 241-248 p.
31. Sandor J.A., Huckleberry G., Hayashida F.M., Parcero-Oubina S., Salazar D., Trokoso A., Ferrovasquez S. Soils of ancient irrigated agricultural terraces in the Atacama Desert, Chile // *Geoarchaeology*. – 2021. – Volume 1. – 96-119 p.
32. Sang-Arun J., Mihara M., Horaguchi Y., Yamaji E. Soil erosion and the strategy of collective reclamation of ledged terraces in northern Thailand // *Catena*. – 2005. – № 65. – 258-264 C.
33. Shao S., Li Y., Li Z., Ma H., Zhu Y., Luo Y., Cai P., Jia H., Rensing S., Li K. The influence of tea tree cultivation on the soil microbiota, soil organic matter and nitrogen cycle on mountain plantations // *Agronomy*. – 2024. – № 14. – 638.
34. Shi H., Song H., Zhao G., Yang K., Abbott L.K., Li F. Manure application is the key to improving soil quality on new terraces // *Sustainable development*. – 2022. № 14. – 15166.
35. Singh S.B. Assessment of the effects of soil erosion on bench terraces, Puerto Rican terraces and shift cultivation systems in the state of Meghalaya // *Indian Journal of Agricultural Economics*. – No. 56 (3). – 335-345 p.
36. Siriri D., Wilson J., Coe R., et al. Trees improve water accumulation and reduce evaporation from the soil in agroforestry systems on terraces in Southern Uganda // *Agroforestry systems*. - 2013. - No. 87. – 45-58 p.

37. Stavi I., Rosenberg T., Al-Ashkhab A., Argaman E., Groner E. Destruction of ancient agricultural stone terraces: impact on soil and vegetation on site // *Water*. - 2018. - No. 10. - 1400 p.
38. Tamikanon S., Sharp A. Soil quality on agricultural terraces in comparison with other types of land use on the example of Nan province, Thailand // *International Journal GMSARN*. - 2018. - № 12. - 145-150 C.
39. Tandoh P.K.V., Ngadisih, Susanto S., Suryatmodjo H., Farisi F.A. Assessment of terrace design as a method of soil and water conservation in the Karangkoobar watershed, Banjarnegara, Indonesia // *The IOP conference series "Earth and Environmental Science"*. - 2019. - № 355(1). - 012022.
40. Van Dijk A.I., Bruinsil L.A. Runoff and soil loss from slope terraces. A model of the erosion process based on events // *European Journal of Soil Science*. - 2004. - No. 55. - 317-334 p.
41. Van Dijk A.I., Bruinsil L.A. Model of terrace erosion and sediment transfer: a new tool for planning soil conservation on lowland terraces // *Environmental modeling software*. - 2003. - No. 18. - 839-850 p.
42. Wang G., Liu B., Henderson M., Zhang Y., Zhang Z., Chen M., Guo H., Huang W. The effect of terracing on soil moisture on the slopes of agricultural land in the Chernozem region of Northeast China // *Agriculture*. - 2023. - № 13. - 1876.
43. Volka K., Biazin B., Martinsen V., Mulder J. Spatial differences in soil properties and crop yields on stone terraces of an embankment in southwestern Ethiopia // *Soil and Management*. - 2022. - No, 38. - pp. 1736-1748.
44. Xiao L., Huang Yu., Zeng K. et al. The activity of soil enzymes and the reaction of microbial biomass to types of crops on the terraces of the Loess Plateau, China // *Journal "Soil Deposits"*. - 2018. - No. 18. 1971-1980 p.
45. Xu Yu., Zhu G., Wang K., Yong L., Ma H., Sun J., Zhang J., Qiu D. The influence of terrace construction on soil moisture in the area of irrigated agriculture on the Loess plateau // *Journal of Hydrology: regional studies*. - 2021. - № 37. 100889.
46. Zhang, K., Li, Y., Xing, J., Brooks, P.S., Xu, J. The content of available phosphorus in the soil determines the spatial distribution of archaea communities in height in acidic terraced rice soils // *Environmental Science in General*. - 2019. - № 658. - 723-731 C.
47. Zhang Yu., Long Yu., An J., Yu H., Wang H. Spatial patterns of ^{137}Cs reserves and soil erosion on earth terraces in the Nameng Mountains, China // *Journal of Environmental Radioactivity*. - 2014. - No. 136. - 1-9 p
48. Zhao P., Fallou D.J., Cucciaro S. et al. Mechanisms of stabilization of organic carbon in soil and temperature sensitivity of old terraced soils // *Soil Science*. - No. 18. - 6301-6312 p