

## ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.46:631.48:930

### ПОЧВЫ ДРЕВНИХ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ТЕРРАС ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

© 2021 г. А. В. Борисов<sup>а, \*</sup>, Н. Н. Каширская<sup>а</sup>, М. В. Ельцов<sup>а</sup>,  
В. Н. Пинской<sup>а</sup>, Л. Н. Плеханова<sup>а</sup>, И. А. Идрисов<sup>б</sup>

<sup>а</sup>Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, обособленное подразделение  
ФИЦ ПНЦБИ РАН, ул. Институтская, 2, Московская область, Пушкино, 142290 Россия

<sup>б</sup>Институт геологии ДНЦ РАН, обособленное подразделение ФИЦ ДНЦ РАН,  
ул. Ярагского, 72, Махачкала, Республика Дагестан, 375000 Россия

\*e-mail: a.v.borisovv@gmail.com

Поступила в редакцию 22.06.2020 г.

После доработки 09.09.2020 г.

Принята к публикации 24.10.2020 г.

Рассмотрены морфолого-генетические, химические свойства и биологическая активность почв земледельческих террас в среднегорной зоне Восточного Кавказа, сформированных на песчаниках, известняках, глинистых сланцах и делювии глин и песчаников. Установлено, что свойства почв земледельческих террас определяются характером почвообразующих пород, а также длительностью и интенсивностью антропогенной деятельности. Чем более благоприятными для земледельческого освоения были исходные почвы, тем более длительному и сильному антропогенному преобразованию они подвергались. Выявлены диагностические признаки горных антропогенных почв Восточного Кавказа, общие для всех литологических разностей, и признаки, характерные для почв, развитых на каждом из перечисленных типов почвообразующей породы. Важнейшим признаком почвенного покрова земледельческих террас является закономерная смена агролитозема (в области тылового шва) стратоземом гумусовым постагрогенным (в прирвочной части) в пределах тела любой террасы. Общим диагностическим признаком для всех почв террас является наличие включений щебня размером до 3–5 см, равномерно распределенных по всему пахотному слою и отсутствие камней большего размера. Предложены поправки в классификацию почв России. Горные антропогенные почвы земледельческих террас предложено выделять на уровне нового подтипа в типе стратоземов. Предлагаемое название подтипа в соответствии с механизмом формирования стратифицированной толщи – агростратифицированные (ast). Результаты работы могут быть использованы при оценке потенциала сельскохозяйственного использования почв горной зоны Восточного Кавказа.

*Ключевые слова:* Кавказ, среднегорная зона, горные почвы, сланцы, известняки, песчаники, распахка склонов, террасы, гранулометрический состав, биологическая активность

DOI: 10.31857/S0032180X2105004X

#### ВВЕДЕНИЕ

Земледельческие террасы в горной зоне представляют собой чрезвычайно яркие ландшафтные объекты, с которыми неразрывно связан сам факт жизни человека в горах. Одним из мировых центров террасного земледелия является горная зона Восточного Кавказа. Только в Дагестане насчитывается более двух тысяч квадратных километров террасовых полей [5], которые являются уникальным резервом высокоплодородных эрозионно-устойчивых почв. В этом отношении Восточный Кавказ соответствует другим мировым центрам горного террасного земледелия, наряду с Юго-Восточной и Южной Азией, Латинской Америкой, Средиземноморским регионом. При этом в некоторых обзорных публикациях о совре-

менном состоянии террасного земледелия в разных частях Земли данные о террасах Кавказа не приводятся [36].

На сегодняшний день активные исследования террасного земледелия ведутся в Средиземноморье [19], Южной Америке [30, 31], Южной Европе [35], Юго-Восточной Азии [22, 23, 33] и др. Разработана общемировая классификация террас [34, 38]. Имеются сведения о свойствах почв древних земледельческих террас Северного Кавказа, Карпат, Крыма [5–8, 13, 14].

Многовековая практика непрерывного функционирования террас показывает потенциал земледельческого использования почв без потери плодородия. Так, в частности, для Южного Китая имеются данные о нескольких тысячах лет обра-

ботки почв террас [22]. Еще больший возраст предполагается для террасного земледелия Южной Аравии [27, 28], где начало создания террас относится к раннему бронзовому веку.

Имеется большое количество работ по орошаемым террасам Ближнего Востока. Для них характерно поступление аллювия из русел временных водотоков при создании террас в долинах рек [37]. Для террас средиземноморского региона приводятся данные о современной динамике эрозионного разрушения и водного режима почв [29]. Особенно подчеркивается эффект террасирования склонов в качестве способа увеличения запасов влаги в почвах [26].

В горном Дагестане естественно-научное изучение почв сельскохозяйственных террас до недавнего времени не проводилось. При этом для данного региона накоплен большой массив этнографических сведений о практике террасирования склонов у разных народов Кавказа [1–3]. В последние годы активно ведутся работы по изучению истории возникновения террасного земледелия [9, 12, 15].

Общие сведения об антропогенных почвах сельскохозяйственных террас Восточного Кавказа приведены в работах Залибекова [10, 11], Баламирзоева с соавт. [4], где подчеркивается уникальность этих почвенных образований, которые в принятой “Классификации и диагностике почв Дагестана” рекомендуется выделять на уровне самостоятельного почвенного типа [10]. Более детально изучены свойства только почв одного из вариантов террас – с подпорными стенками [8]. На существующих почвенных картах региона все участки массового террасирования склонов показаны как ареалы “горно-луговых” почв разных подтипов, что, безусловно, не отражает реальную ситуацию.

В целом литературные данные, посвященные химическим свойствам антропогенных почв горных террас Дагестана, нельзя назвать исчерпывающими. В определенной мере это связано с отсутствием социально-экономического заказа на их изучение. В период накопления и систематизации знаний о почвах Дагестана вектор исследования был смещен в сторону изучения почв равнинной части республики. В то время сельскохозяйственные террасы в горной зоне в силу своей малой площади, труднодоступности и весьма ограниченной возможности использования техники уже не представляли интереса в рамках модели интенсивного земледелия, хотя на отдельных территориях продолжалось сохраняться и первоначальное пашенное использование террасовых почв. Массовое прекращение распашки сельскохозяйственных террас произошло в 1960–1990 годы. В отдельных районах Восточного Кавказа сохраняется значительная численность сельского населения, плотность которого достигает 50–100 чел./км<sup>2</sup>. Основой

экономики данного населения (речь идет о нескольких сотнях тысяч жителей) является земледелие на антропогенных террасах. В последние 10–20 лет основным направлением стало выращивание овощей. По объемам выращивания капусты Республика Дагестан занимает одно из ведущих мест среди субъектов Российской Федерации [39].

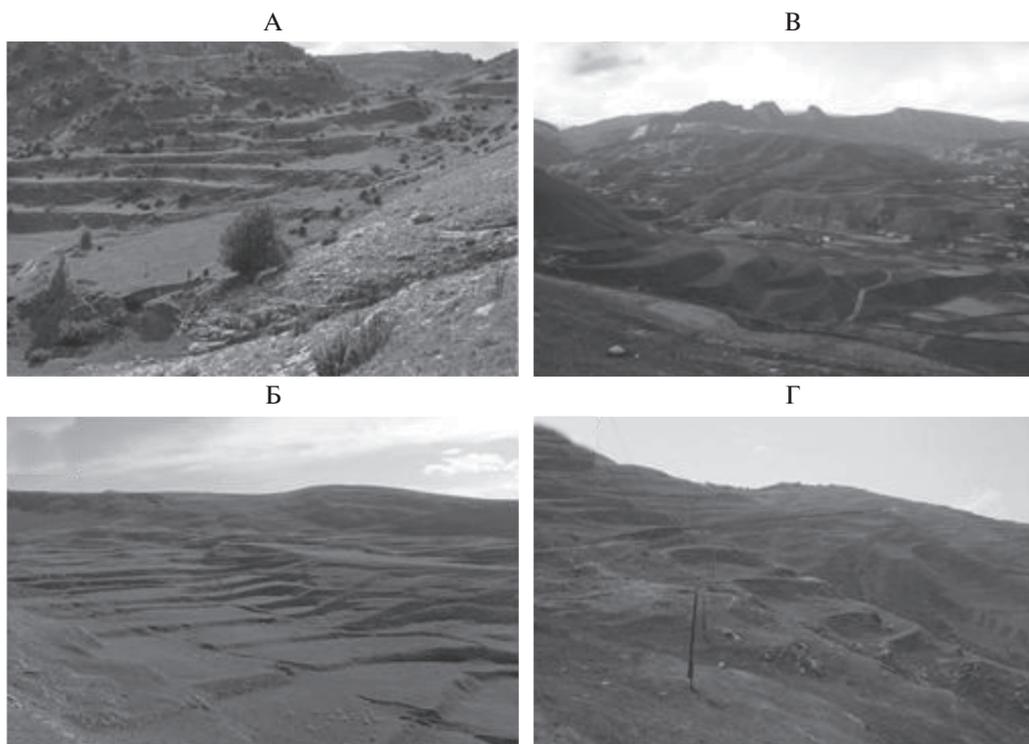
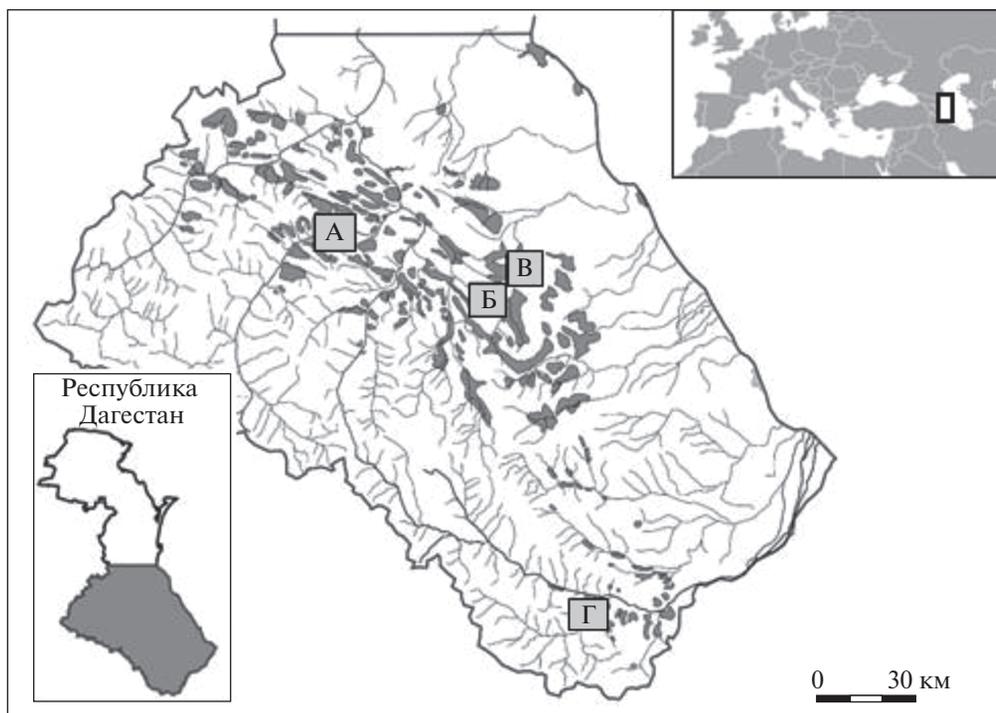
Актуальность изучения почв древних сельскохозяйственных террас горного Дагестана обусловлена их важностью как единственного резерва плодородных почв в горных условиях. В этой связи цель работы заключалась в общей характеристике химических и биологических свойств террасовых почв, развитых на различных почвообразующих породах в горной зоне Дагестана.

## ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования выбраны почвы сельскохозяйственных террас, сформированных на разных породах: смешанном делювии глин и песчаников (ключевой участок Гуниб (рис. 1, А)); известняках (ключевой участок Муги (рис. 1, Б)), песчаниках (ключевой участок Акуша (рис. 1, В)) и глинистых сланцах (ключевой участок Джаба (рис. 1, Г)).

**Общие закономерности организации почвенного тела террас.** Переходя к описанию свойств почв разных ключевых участков, следует кратко охарактеризовать общие закономерности организации почв в теле террасы. Почву любой отдельной сельскохозяйственной террасы можно разделить на 4 зоны: эрозионную или зону агрогенного разрушения почвообразующей породы (область тылового шва террасы), транзитно-метаморфическую (центральная часть террасы), аккумулятивную (прибровочная часть террасы) и зону десерпции и почвенного крипа (бровка террасы) (рис. 2).

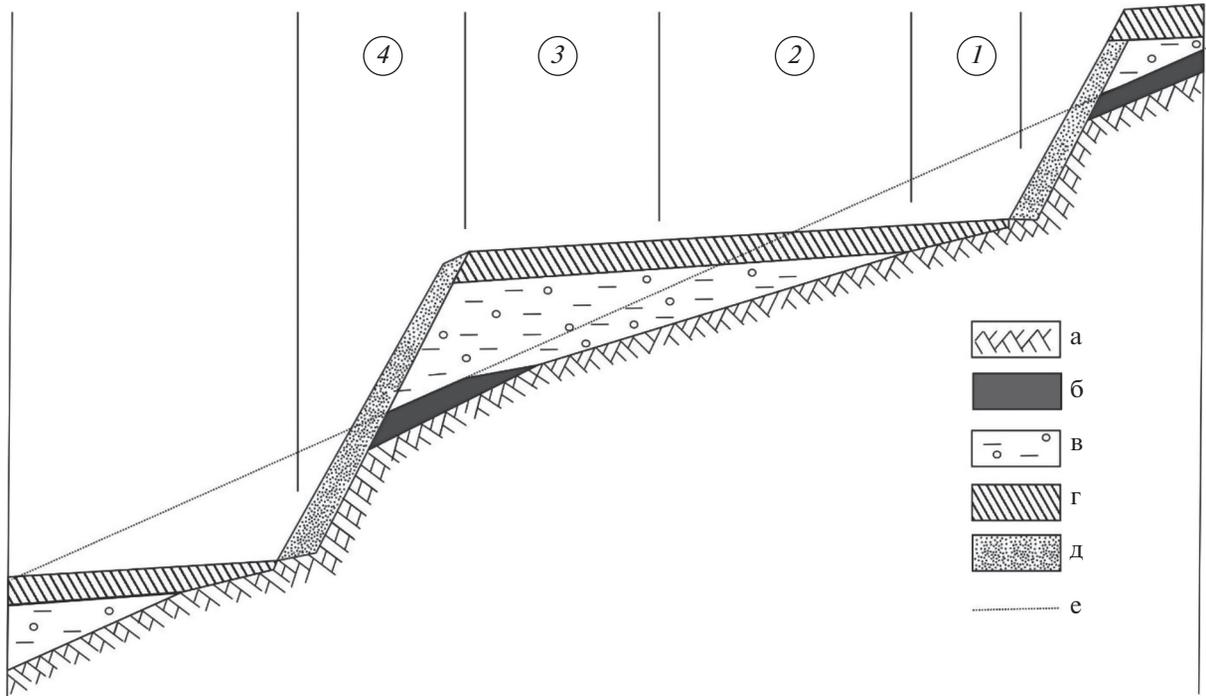
Свойства почв в каждой зоне будут существенным образом различаться. В *эрозионной зоне* происходит ежегодное припахивание материала почвообразующей породы и вовлечение его в пахотный слой. Как правило, здесь почва состоит из относительно крупных фрагментов почвообразующей породы с незначительной долей мелкозема (менее 10%). В случае, если почвообразующими породами являются делювий известняков, в пахотный слой поступают довольно крупные камни, которые извлекаются и складываются на краях поля, образуя большие каменные наброски (рис. 3). Примечательно, что в ряде случаев площадь каменных куч сопоставима или даже превышает площадь самого поля. Из пахотного слоя извлекаются все камни размером больше 5–7 см, которые мешают распашке; более мелкие камни оказываются равномерно распределенными по всему пахотному слою.



**Рис. 1.** Расположение объектов исследования на карте сельскохозяйственных террас горного Дагестана [5]. Ключевые участки Гуниб (А), Муги (Б), Акуша (В) и Джаба (Г). Серой заливкой показаны районы повсеместного террасирования склонов.

Эрозионная зона террасы отличается неблагоприятными условиями для культивирования растений. Плодородие почвы на этом участке несколько улучшается за счет поступления гумуси-

рованного материала с поверхностным стоком с откоса вышележащей террасы. Эта зона присутствует во всех почвах, кроме тех, что развиты на выходах плотных пород. В этом случае область



**Рис. 2.** Общее строение террасы. Условные обозначения: 1 – эрозионная зона (зона агрогенного разрушения почвообразующей породы); 2 – транзитно-метаморфическая зона; 3 – аккумулятивная зона; 4 – зона десерпции и крипа; а – почвообразующая порода, б – погребенная почва, в – почва тела террасы, г – современный пахотный слой, д – откос террасы, е – исходная поверхность склона.



**Рис. 3.** Наброски камней, извлеченных из пахотного слоя.

тылового шва зачастую полностью лишена почвенного покрова, а почвенный слой присутствует лишь в прирвовочной части террасы.

В *транзитно-метаморфической* зоне происходит активное измельчение первичного элювия почвообразующей породы вследствие механиче-

ского разрушения пахотными орудиями, физического и биологического выветривания, а также аккумуляция мелкозема, поступающего с поверхностным стоком и эолового материала. В эту зону вносятся наибольшие нормы удобрений, в результате чего плодородие повышается до прием-

лемого уровня. В целом почвы верхней половины террасы отличаются постепенным и закономерным изменением всех свойств в антропогенно-эволюционном ряду от агролитозема до агротемногумусовой почвы.

При распашке весь материал пахотного слоя постепенно смещается в нижнюю часть террасы и аккумулируется в *прибровочной части*. В этом месте террасы почвенный материал уже хорошо гомогенизированный, однородный, более легкого гранулометрического состава, с более высоким содержанием  $C_{орг}$ , с многочисленными включениями керамики, углей, бытового мусора и иных артефактов, поступающих в почвы с навозом. Мощностю слоя почвы в прибровочной части террасы зависит от уклона местности и характера почвообразующих пород и может достигать 10 м и более на склонах, сложенных неконсолидированными песчаниками и сланцами. Отметим еще раз, что в области тылового шва этой же террасы почвенный слой может составлять несколько сантиметров или полностью отсутствовать. В аккумулятивной зоне зачастую хорошо заметна дифференциация профиля на горизонты, возможно, отражающая вековую динамику климатических условий, либо особенности агротехники. Кроме того, только в прибровочной аккумулятивной части профиля можно обнаружить погребенную почву, не нарушенную распашкой и перекрытую пахотным слоем в первые этапы распашки территории.

Собственно *бровка террасы и откос к нижележащей террасе* представляют собой зону неустойчивого состояния почвы, где могут наблюдаться явления почвенного крипа и солифлюкционной природы, которые нарушают естественное залегание грунта тела террасы. Это особенно заметно на склонах южной экспозиции, где откос террасы испытывает наиболее сильные суточные перепады температуры. На откосах северной экспозиции, где создаются максимально благоприятные условия для древесно-кустарниковой растительностью и разнотравья, эта зона более стабильна.

Поэтому в данной работе почвенные разрезы во всех случаях закладывали в прибровочной аккумулятивной части террасы, на некотором удалении от откоса. Именно в этом месте можно получить наиболее полное представление о почвах террас как с генетико-эволюционных позиций, так и с точки зрения оценки современного состояния почв.

Рассмотрим морфологические свойства почв террас.

**Террасы на делювии аргиллитов и песчаников. Ключевой участок Гуниб.** Участок расположен в юго-западной части Внутригорного известнякового Дагестана, в 3 км к западу от села Гуниб (Гунибский район), на абсолютной высоте 1690 м. Исследованная терраса расположена в нижней части

склона юго-западной экспозиции. Уклон местности около 20°; ширина террасного полотна 10–12 м; уклон поверхности террасы до 5°. Почвообразующие породы – делювий аргиллитов и песчаников с включениями известняков нижнего мела. Почвы террас находятся в залежном состоянии более 150 лет. Территория используется под выпас.

В профиле почвы выделяется горизонт A<sub>Jrh</sub>,ca – 0–10 см – серый с буроватым оттенком легкий суглинок комковато-порошистой структуры. Свежий, слабо уплотнен. Делювиальный нанос, образовавшийся в результате размыва террас, нарушенных дорогой и расположенных выше по склону. Не содержит камней.

Ниже залегает серия пахотных горизонтов ([R<sub>J1</sub>pa,ca], 10–30 см; [R<sub>J2</sub>pa,ca], 30–140 см; [R<sub>J3</sub>pa,ca], 140–180 см; [R<sub>J4</sub>pa,ca], 180–220 см), от оливково-серого до буровато серого цвета, довольно близких по морфологическим свойствам, с незначительными различиями в окраске и сложении. В горизонте [R<sub>J3</sub>pa,ca] более легкий гранулометрический состав и заметно больше буроватых тонов в окраске, что, возможно, указывает на его формирование в более сухих и теплых условиях. Во всех случаях материал представляет собой однородный средний-тяжелый суглинок комковатоглыбистой структуры, влажноват, плотный. По всей толще равномерно распределены мелкие камни размером до 2–3 см. Их происхождение связано с тем, что сланцы юры в приповерхностном слое, как правило, включают заметную долю известнякового материала, поступающего в процессе разрушения лежащих выше нижнемеловых карбонатных отложений. Более крупных камней нет. Равномерное распределение мелких камней указывает на агротурбации и является индикатором распашки. С глубины 165 см по трещинам карбонатный налет. В горизонте [R<sub>J4</sub>pa,ca] (180–220 см) в большом количестве присутствуют мелкие угольки, которые не были обнаружены в вышележащих горизонтах. В это слое обнаружено свыше 10 фрагментов керамики.

В нижней части профиля на глубине 220–230 см сохранился горизонт [AC] погребенной почвы, серый средний суглинок без камней, постепенно переходящий в слой делювия сланцев. Следует отметить, что в естественных горных почвах содержание камней значительно меньше, чем в почвах периода функционирования террасы. С глубины 230–240 см залегает почвообразующая порода – зеленовато-серый плотный делювий аргиллитов и песчаников. Весь профиль вскипает от HCl.

**Террасы на песчаниках. Ключевой участок Акуша.** Объекты исследований располагались у села Акуша (Акушинский район) Республики Дагестан в 39 км к юго-востоку от участка Гуниб. Абсолютная высота 1440 м. Участок приурочен к осевой части Акушинской синклинали в между-

речье рек Акуша—Усиша. Территория густо расчленена долинами рек на глубину до 200 м. Поверхность сформирована песчаниками с включениями аргиллитов. Уклон местности до 30°; ширина террасного полотна 7–10 м, уклон поверхности террасы менее 5°. Судя по обилию рудеральной флоры, данная терраса распаивалась до недавнего времени, и почва находится в залежном состоянии меньшее время, чем все другие исследованные террасы.

В профиле почв террасы выделяются следующие горизонты:

**RJpa,ca**, 0–110 см — недифференцированная толща желтовато-бурого легкосуглинистого материала. Плотный, свежий. С глубины 60–70 см заметны карбонатные выцветы по трещинам. По всему горизонту встречается керамика, мелкие фрагменты костей, угольки, прокаленный фрагменты глиняной обмазки, которые попадали в почву с навозом. Нижняя граница ровная, переход заметный по появлению обильных карбонатных новообразований и увеличению доли бурых тонов в окраске почвенной массы.

**[RJ1pa,ca]**, 110–130 см — отличается увеличением бурых тонов до темно бурого в нижней части, легкий суглинок глыбистой структуры. Белеватый от карбонатной плесени по трещинам и граням структурных отдельностей. Предположительно слой первого этапа распашки. Нижняя граница ровная, переход заметный по цвету и плотности.

**[AJca]**, 130–160 см — однородный бурый до темно-бурого, средний суглинок комковато-глыбистой структуры. Гумусовый горизонт погребенной почвы. Нижняя граница ровная, переход постепенный по цвету и сложению.

**[ACca]**, 160–180 см — переходный горизонт с постепенным увеличением доли зеленовато-желтых тонов в окраске и увеличением плотности.

С глубины 180 см залегает почвообразующая порода — делювий песчаников. По всему профилю встречаются мелкие фрагменты аргиллитов и известняка до 3–5 см.

**Террасы на известняках. Ключевой участок Муги.** Объекты исследования располагались в юго-восточной части Известнякового Дагестана у села Муги (Акушинский район). Абсолютная высота 1530 м. Почвообразующие породы представлены известняками верхней юры — нижнего мела, подчиненное значение (менее 1%) имеют прослойки глины. Уклон местности не более 10°; ширина террасного полотна 17 м, уклон поверхности террасы до 2°–3°. Терраса находится в залежном состоянии довольно длительное время: растительный покров восстановился полностью.

Почва исследовалась в 17-метровом разрезе, идущем через всю террасу. Наиболее полный профиль сохранился в нижней части террасы. Здесь

почва имеет следующий набор генетических горизонтов:

**AUrh,ca**, 0–10 см — темно-серый легкий суглинок комковато-порошистой структуры. С поверхности задернован. Без камней. Сформированный после прекращения распашки террасы. Вскипает от HCl.

**[RJ1pa,ca]**, 10–50 см — пахотный слой почвы террасы. Неоднородный по цвету, в массе темно-серый с бурыми тонами, средний суглинок комковато-глыбистой структуры. В слое много керамики, углей и костей. По всему слою равномерно встречаются мелкие фрагменты известняка, которые поступали из области тылового шва вследствие припахивания почвообразующей породы. Свежий, уплотнен. Нижняя граница ровная, переход постепенный по цвету.

**[RJ2pa,ca]**, 50–95 см — отличается от вышележащего более выраженными бурими тонами в окраске почвенной массы. Также равномерно встречаются мелкие камни. В горизонте в значительных количествах присутствуют угли и керамика. Свежий, уплотнен. Нижняя граница ровная, переход ясный по цвету и структуре.

**[AU]**, 95–125 см — нижняя часть профиля погребенной темногумусовой почвы, существовавшей до момента возникновения террасы. Верхняя часть профиля, по-видимому, разрушена распашкой. Характерно отсутствие камней. Темно-серый, до черного, средний суглинок комковато-зернистой структуры. Встречается керамика.

Подстилается плитой известняка, без переходного слоя элювия. Весь профиль вскипает.

**Террасы на глинистых сланцах. Ключевой участок Джаба.** Ключевой участок расположен в 1 км на восток от села Джаба (Ахтынский район) Республики Дагестан, в 129 км на юго-восток от участка Гуниб, абсолютная высота 1730 м. Участок представляет собой северный макросклон массива Шалбуздаг при переходе к долине реки Самур. Террасирована часть склона в интервале высот 1300–1900 м. Основание и большая часть массива, в том числе ключевой участок, сформированы аргиллитами средней юры. Уклон местности более 30°; ширина террасного полотна 10–12 м, уклон поверхности террасы 5°–7°. Терраса находится в залежном состоянии довольно длительное время: растительный покров восстановился полностью.

С поверхности залегает горизонт AU (0–10 см), сформированный после забрасывания террасы. Ниже залегает слабо дифференцированный на генетические горизонты стратифицированный по-стабильный (бывший пахотный) слой палео-серого цвета легкосуглинистого гранулометрического состава, насыщенный фрагментами сланца. В меньших количествах встречаются фрагменты известняка. Можно выделить горизонты [RY1pa]

(20–120 см), [RY2pa] (120–180 см) и [RY3pa] (180–280 см), незначительно отличающиеся по цвету, что указывает на некоторые различия в климатических условиях времени их формирования и возможно, агротехнике. Вскипание от НС1 неравномерное, от слабого до бурного.

На глубине 280–310 см сохранился горизонт [AU] погребенной почвы – однородный, с очень мелкими фрагментами сланца, более серый средний суглинок. Не вскипает. Почвообразующая порода – элювий аргиллитов – с 310 см.

Все исследованные почвы имеют однотипную таксономическую принадлежность: ствол – син-литогенные; отдел – стратоземы; тип – агростратоземы темногумусовые и светлогумусовые по-стагроденные на погребенной почве. Подтиповая принадлежность дискуссионна<sup>1</sup>. Род – насыщенные (кроме почв на глинистых сланцах). По глубине гумусового горизонта эти почвы можно отнести к мощным и сверхмощным.

Из-за слабой дифференциации профиля образцы на химические и микробиологические анализы отбирали послойно из каждого 10-сантиметрового слоя по всему профилю. В образцах определяли содержание органического углерода методом мокрого сжигания по Тюрину, гранулометрический состав пипеточным методом. На микробиологические анализы образцы отбирали с соблюдением стерильности и хранили в прохладном месте. Содержание валового фосфора оценивали методом Сандерса–Вильямса [32]. Оценку биомассы микроорганизмов, дающих респираторный отклик на внесение глюкозы (С-СИД), проводили методом субстрат-индуцированного дыхания [18]. Фосфатазную активность оценивали методом Галстяна–Арутюнян [17], уреазную активность – с помощью модифицированного индофенольного метода [24].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Гранулометрический состав* почв заметно различается, что связано как с исходными особенностями почвообразующих пород, так и, вероятно, с особенностями использования почв. В почве на делювии аргиллитов и песчаников (участок Гуниб) заметно преобладает фракция тонкого песка (0.25–0.05 мм), доля которого варьируется в пределах 35–45%, достигая в отдельных слоях 50%, (табл. 1). Отметим, что в исходной почве до начала распашки этот показатель был значительно мень-

ше. Содержание ила на уровне 18–12% по всему профилю.

В стратифицированном бывшем пахотном слое в почвах террас на песчаниках (ключевой участок Акуша) абсолютно преобладает фракция крупной пыли при заметном уменьшении доли тонкого песка и полном отсутствии крупного и среднего песка.

Существенное варьирование гранулометрического состава зафиксировано в почве террасы на глинистых сланцах (ключевой участок Джаба), что связано с неоднородностью пород и явно выраженной слоистостью.

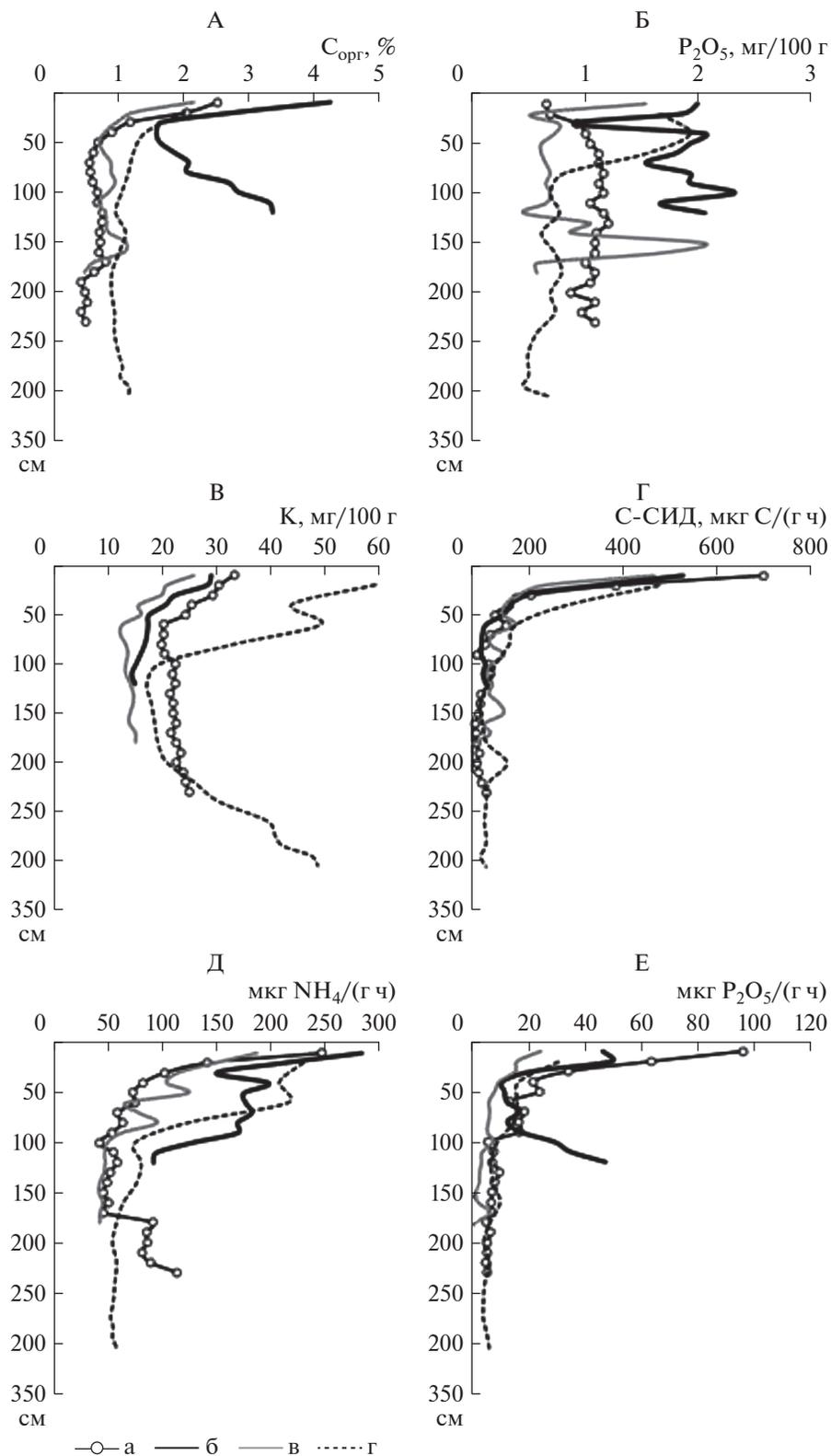
В почвах на известняках (ключевой участок Му-ги) на контакте с породой хорошо заметен слой с очень высоким содержанием крупной пыли и минимумом ила. В этой почве показательным является содержание крупного песка – при полном отсутствии его в почвообразующей породе и погребенной почве, он появляется в слоях функционирования террасы, и его доля постепенно возрастает по мере увеличения норм навоза, вывозимого на поля. Это хорошо видно по количеству керамики и бытового мусора в пахотном слое верхней части профиля террасы: именно с бытовым мусором с поселений попадал песок в почвы террас.

*Содержание органического углерода*, как и следовало ожидать, было наибольшим в почвах террасы на известняке. Но в профильном распределении этого показателя хорошо заметно резкое уменьшение, начавшееся одновременно с началом распашки (рис. 4, А).

После забрасывания террасы (судя по отсутствию следов работы тяжелой техники, не позднее середины XX в.) начался рост запасов органического углерода в верхнем слое почв и к настоящему времени содержание  $C_{орг}$  в верхнем слое – на уровне показателя погребенной почвы. Учитывая естественное уменьшение содержания  $C_{орг}$  в погребенных горизонтах, можно предполагать, что на момент начала распашки почвы на этих породах обладали очень высоким плодородием. Минимальное содержание  $C_{орг}$  в почвах террас на песчаниках и делювии аргиллитов и песчаников. В террасе на песчаниках (ключевой участок Акуша) заметно лишь некоторое возрастание  $C_{орг}$  в слое погребенной почвы. Практически монотонный характер стабильно низких значений имеет кривая динамики  $C_{орг}$  в почвах на глинистых сланцах.

*Обеспеченность почв подвижными фосфатами и калием* показана на рис. 4, Б и В. Как видно из графиков, все исследованные почвы характеризуются весьма низкими значениями этих двух важных агрохимических параметров. Что касается их профильного распределения, то здесь, очевидно, определяющим фактором является характер землепользования и агротехники. Показательно рез-

<sup>1</sup> В рамках существующей классификации и диагностики почв России в типе стратоземы предусмотрены два подтипа, наиболее близко подходящие для данных почв – урбо-стратифицированные и артистратифицированные. При более детальном анализе становится очевидно, что эти определения не отвечают реалиям генезиса данных почв. Ниже мы вернемся к этому вопросу.



**Рис. 4.** Содержание  $C_{орг}$  (А), подвижных фосфатов (Б), калия (В), микробная биомасса (С-СИД) (Г), активность уреазы (Д) и фосфатазы (Е) в почвах террас на разных породах: а – делювий аргиллитов и песчаников, б – известняк, в – песчаник, г – глинистый сланец.

**Таблица 1.** Некоторые химические свойства и гранулометрический состав почв террас на разных почвообразующих породах

Глубина, см	C <sub>орг</sub> , %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Содержание фракций, %						
		мг/100 г	1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	<0.01	
Ключевой участок Гуниб, делювий аргиллитов и песчаников										
0–10	2.5	0.65	33.2	3	40	17	7	17	16	40
10–20	2.0	0.69	30.4	2	42	13	9	16	19	44
20–30	1.2	0.92	29.2	3	34	21	4	16	23	43
30–40	0.9	1.00	25.4	3	37	22	1	15	20	37
40–50	0.7	1.04	24.2	4	43	16	4	14	20	38
50–60	0.6	1.12	20.2	4	45	17	3	11	21	35
60–70	0.6	1.12	20.2	3	44	16	5	13	18	37
70–80	0.6	1.16	19.8	4	47	18	2	11	19	32
80–90	0.6	1.12	20.4	3	42	14	7	9	25	41
90–100	0.7	1.16	22.4	2	43	15	11	6	22	40
100–110	0.7	1.04	21.8	3	46	15	3	10	23	36
110–120	0.8	1.16	22.4	2	52	8	9	7	22	38
120–130	0.7	1.20	21.4	2	43	17	4	9	24	38
130–140	0.7	1.10	22.0	3	42	15	5	11	23	39
140–150	0.7	1.08	22.0	4	42	15	9	10	21	39
150–160	0.7	1.08	22.6	3	40	16	5	13	23	41
160–170	0.8	1.00	21.6	3	42	17	4	12	23	39
170–180	0.6	1.08	22.6	4	41	16	5	18	16	39
180–190	0.4	1.04	23.4	4	45	12	4	12	23	39
190–200	0.5	0.87	22.6	3	42	17	2	14	23	38
200–210	0.5	1.08	23.8	3	39	17	4	12	26	41
210–220	0.4	0.96	24.2	3	41	12	2	19	23	44
220–230	0.5	1.08	25.0	3	25	24	10	15	23	47
Ключевой участок Муги, известняк										
0–10	4.2	1.98	29.0	4	25	24	6	18	23	48
10–20	2.8	1.85	28.2	3	26	28	1	16	25	42
20–30	1.7	0.89	22.4	5	27	19	7	17	25	49
30–40	1.6	2.05	20.6	5	28	20	10	14	23	47
40–50	1.6	1.92	17.6	3	29	22	5	17	24	46
50–60	1.8	1.79	17.4	3	29	21	8	17	23	48
60–70	2.1	1.53	17.2	2	29	21	15	9	23	48
70–80	2.0	1.92	16.8	1	31	21	6	16	25	47
80–90	2.7	1.92	16.0	1	24	27	7	16	26	48
90–100	2.8	2.31	15.2	1	23	27	4	19	26	49
100–110	3.3	1.66	14.4	1	22	25	7	17	28	52
110–120	3.3	2.05	15.0	0	33	44	8	10	5	23
Ключевой участок Акуша, песчаник										
0–10	2.1	1.53	25.8	0	36	40	5	5	14	24
10–20	1.2	0.54	20.8	0	33	42	4	8	13	24
20–30	1.0	0.77	19.8	0	34	41	7	6	12	25
30–40	0.8	0.73	15.6	0	33	42	5	6	14	25

Таблица 1. Окончание

Глубина, см	C <sub>орг</sub> , %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Содержание фракций, %						
		мг/100 г		1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	<0.01
40–50	0.7	0.61	16.0	0	31	42	11	4	12	27
50–60	0.8	0.61	12.6	0	32	41	9	4	14	27
60–70	0.9	0.65	12.2	0	30	45	2	7	15	25
70–80	0.9	0.69	13.2	0	32	44	1	8	15	24
80–90	0.9	0.65	13.6	0	32	45	0	10	12	23
90–100	0.8	0.69	13.2	0	30	43	6	3	18	27
100–110	0.7	0.65	13.2	0	32	42	6	3	17	26
110–120	0.8	0.46	14.0	0	25	44	7	6	18	31
120–130	0.8	1.04	14.6	0	28	39	4	9	19	32
130–140	0.8	0.88	14.6	0	25	39	4	12	21	36
140–150	1.1	2.05	14.0	0	31	28	6	10	26	41
150–160	1.1	1.66	13.8	0	24	38	2	13	22	38
160–170	0.6	0.58	15.0	0	26	38	7	7	22	36
170–180	0.5	0.58	15.0	3	20	32	11	20	15	46
Ключевой участок Джаба, глинистые сланцы										
0–20	2.0	1.66	59.2	2	20	37	9	18	14	41
20–40	1.4	1.92	43.8	2	14	30	12	21	21	53
40–60	1.2	1.53	49.2	2	18	29	12	19	20	52
60–80	1.2	0.81	33.4	8	18	36	4	18	17	39
80–100	1.1	0.69	19.6	4	21	28	12	17	19	48
100–120	1.0	0.77	17.2	2	17	29	11	21	20	52
120–140	1.1	0.61	18.0	4	17	32	9	18	20	47
140–160	1.0	0.73	18.6	3	16	31	11	19	20	49
160–180	0.9	0.79	19.2	5	18	30	14	16	18	47
180–200	0.9	0.69	20.8	4	18	29	12	16	21	49
200–220	0.9	0.73	25.8	3	21	26	12	19	20	50
220–240	0.9	0.58	30.4	4	21	28	10	21	16	47
240–260	1.0	0.50	39.4	11	5	41	10	17	16	43
260–275	1.1	0.50	40.8	3	20	23	14	18	21	54
275–285	1.0	0.50	42.2	4	22	26	9	25	13	47
286–295	1.2	0.46	47.4	3	17	28	11	20	21	52
295–305	1.1	0.69	48.6	7	25	27	10	18	13	41

кое уменьшение содержания фосфатов в почве на песчанике (ключевой участок Акуша) сразу после начала распашки. В пахотном слое других почв содержание подвижных фосфатов не превышает 1 мг/100 г, исключение составляет лишь почва на известняках (ключевой участок Муги), где хорошо видны пики содержания фосфатов, отражающие увеличение норм вносимых удобрений.

Содержание подвижного калия максимально в почвах на глинистых сланцах, но и здесь в период максимального использования террасы этот показатель был меньше 20 мг/100 г.

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

*Микробная биомасса, рассчитанная по интенсивности субстрат-индуцированного дыхания (СИД), представлена на рис. 4, Г. Наибольшей микробной биомассой верхнего слоя среди всех рассматриваемых террасных почв характеризовалась почва, сформированная на делювии аргиллитов и песчаников (ключевой участок Гуниб). Здесь величина данного показателя составляла 685 мкг С/г почвы, что в 1.4–1.6 раз больше, чем в верхних слоях исследованных террасных почв, сформированных*

на известняках и на песчанике, и в 3 раза больше, чем в аналогичном слое почвы, сформированной на сланцах. Возможно, это связано с более длительным временем пребывания в залежном состоянии. По историческим данным территория была выведена из землепользования в конце XIX в. после создания в Гунибе пульмонологического курорта.

В верхнем горизонте террасных почв, сформированных на известняках и делювии песчаников, значения данного показателя достигали 500 и 690 мкг С/г почвы соответственно. Наиболее заметно уменьшение содержания активной микробной биомассы проявлялось в пахотном слое террасы на известняках.

Глубже 20–30 см отмечается резкое уменьшение количества микробной биомассы с незначительными и редкими пиками, возможно, отражающими особенности агротехники и периоды внесения удобрений.

*Уреазная активность* террасных почв, сформированных на различных почвообразующих породах, демонстрирует существенные различия профильной динамики, связанные, как предполагается, с внесениями органических удобрений (рис. 4, Д). Во всех почвах наблюдается уменьшение этого показателя в слоях распашки. Значения уреазной активности не превышали 200–300 мкг  $\text{NH}_4/\text{г}$  почвы в час в верхнем слое при резком уменьшении с глубиной кроме террасы на известняках. Лишь в почве террасы на известняках во всем профиле уреазная активность была на довольно высоком уровне, что может быть следствием высоких норм органических удобрений.

Фосфатазная активность террасных почв, сформированных на различных почвообразующих породах, представлена на рис. 4, Е. В целом динамика активности фосфатазы во всех исследованных почвах была аналогична изменению активной микробной биомассы: резкое уменьшение с глубиной при высоких значениях в верхних горизонтах. При этом наибольшие значения в слое 0–20 см в почве на делювии аргиллитов и песчаников (ключевой участок Гуниб) также можно объяснить длительным временем восстановления почвы. Как и в случае с активной микробной биомассой, наиболее низкие значения фосфатазной активности были в почвах террас на делювии песчаников и на глинистых сланцах. Но в почве на известняке профильное изменение фосфатазной активности резко отличается от почв других объектов: в слое погребенной почвы ее значения близки к показателям верхнего горизонта, затем резко уменьшаются в слое максимально интенсивной распашки и вновь увеличиваются в верхнем слое после забрасывания террасы.

## ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И АНТРОПОГЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФИЛЯ ПОЧВ ТЕРРАС

Рассмотренные почвы земледельческих террас горной зоны Восточного Кавказа характеризуются значительной неоднородностью химических свойств и биологической активности. Эта неоднородность обусловлена как особенностями литологического строения территории, так и интенсивностью антропогенной трансформации исходного почвенного-грунтового материала. При этом различия террасовых почв на разных породах были максимальны в период активного функционирования террасы и значительного поступления материала почвообразующей породы в пахотный слой. На современном этапе, во время пребывания почвы в залежном состоянии, отмечается тренд на сближение почвенных свойств, в первую очередь, биологической активности, независимо от литологической матрицы.

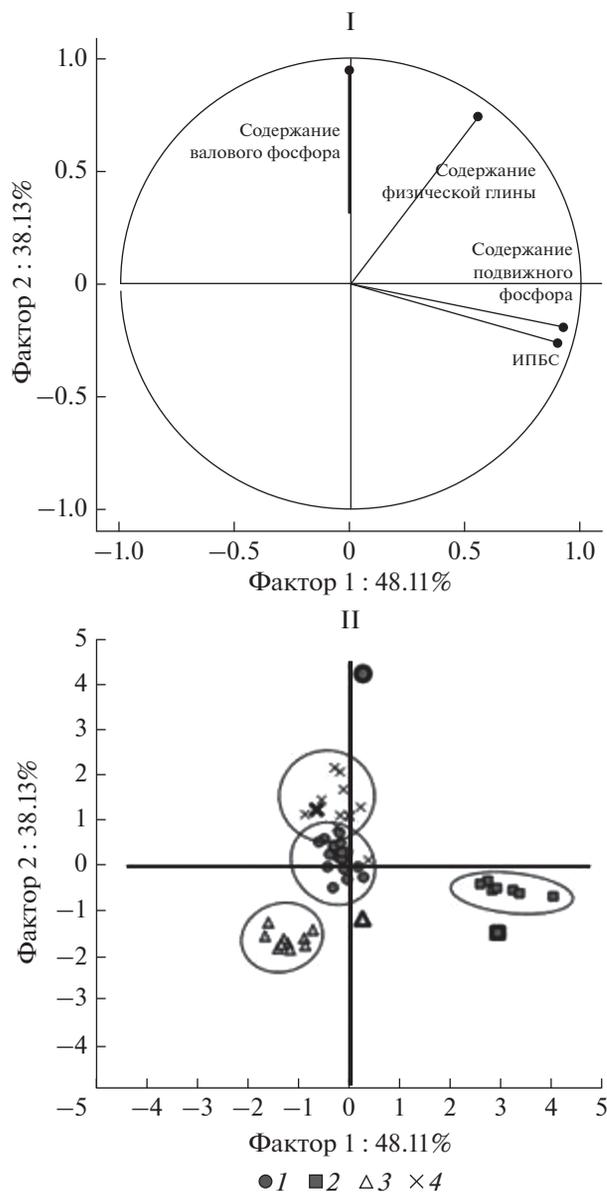
Что касается влияния антропогенной деятельности на свойства почв террас, то она также во многом зависела от литологических условий. Именно характер почвообразующих пород и сформированных на них почв обуславливал предпочтение древних земледельцев и определял аграрную историю того или иного района горной зоны. Почвы, сформированные на известняках, на склонах холодной экспозиции, были, безусловно, наиболее предпочтительными. Так, в почвах ключевого участка Муги в слое погребенной почвы была обнаружена керамика и кремневые изделия, которые могут быть датированы эпохой бронзы. Но максимум антропогенной нагрузки пришелся на эпоху Средневековья, следствием чего стало большое количество бытового мусора, углей и керамики в слое 10–90 см. В целом можно сказать, что именно темногумусные почвы на элювии известняков, оказались в наибольшей степени антропогенно измененными; история их эволюции в антропогенном тренде насчитывает несколько тысяч лет.

Менее благоприятные свойства имели почвы на песчаниках и делювии глин и песчаников (ключевые участки Акуша и Гуниб). Их освоение началось, предположительно, в эпоху развитого Средневековья. И, наконец, наименее измененными являются почвы на глинистых сланцах. Вследствие исходно низкого плодородия, их разработка и вовлечение в сельскохозяйственный оборот началось позднее других, когда земледельческие орудия и техника обработки почвы достигли столь высокого уровня, что открылась возможность ведения экстенсивного сельскохозяйственного производства на больших площадях, при минимальном уровне рентабельности.

С началом распашки изменился тренд развития почв, и именно характер почвообразующей породы определял скорость роста почвенного профиля в аккумулятивной зоне террасы. Чем менее консолидирован материал почвообразующей породы, тем легче и интенсивнее он разрушался при распашке, тем быстрее росла терраса, и тем быстрее пахотный горизонт переходил из «функционального» в погребенное состояние. Соответственно, период антропогенного преобразования почвы был короче. Так, минимальный период функционирования имел место в почвах террас на глинистых сланцах (ключевой участок Джаба). Судя по мощности почвенного слоя (около 3 м) и предполагаемому времени функционирования террасных полей (с эпохи развитого средневековья), профиль почв рос со скоростью до 0.5 см/год и более. Учитывая, что глубина пахоты не превышала 7–10 см, через 15–20 лет пахотный слой оказывался в погребенном состоянии. Этим объясняется незначительная степень антропогенного преобразования почв террас на рыхлых породах. Наиболее длительный период функционального состояния характерен для почв на известняках (ключевой участка Муги), так как малый уклон местности обуславливал низкую скорость эрозионных процессов. В этом случае, один и тот же объем мелкозема служил объектом сельскохозяйственной трансформации в эпоху бронзы, раннего железа и средневековья.

Тренды развития почв террас хорошо видны по результатам многофакторного анализа. Статистический анализ данных проводили методом главных компонент в программе Statistica (рис. 5). Из анализа была исключена верхняя полуметровая толща террас, частично проработанная современным почвообразованием. Поскольку период залежного состояния почв неодинаков — от полутора сотен лет (ключевой участок Гуниб), до первых десятков лет (ключевой участок Акуша), степень восстановления свойств верхней части почвенного профиля различна, что не позволяет корректно сравнивать современные почвы на поверхности террас. Поэтому анализировали функциональные слои террас и погребенные под ними палеопочвы. Рассматривали следующие характеристики: содержание физической глины, валового и подвижного фосфора, а также интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) [18].

Расчет ИПБС по относительным величинам содержания органического углерода, микробной биомассы и ферментативной активности позволил существенно упростить рисунок распределения функциональных слоев террас на факторной плоскости. Значения ИПБС и содержание подвижного фосфора были связаны преимущественно с фактором 1 (ось ОХ), содержание валового фосфора — с фактором 2 (ось ОУ). Содержа-



**Рис. 5.** Проекция не коррелирующих физико-химических и биологических характеристик функциональных слоев террас (I) и группы проекций функциональных слоев террас (II) на факторной плоскости: 1 – делювий аргиллитов и песчаников (Гуниб), 2 – известняк (Муги), 3 – делювий песчаников (Акуша), 4 – аргиллиты (Джаба). Крупными значками отмечены палеопочвы естественного этапа развития, погребенные под террасами. (Из анализа исключена верхняя толща (40–60 см).)

ние физической глины в равной мере было связано с обоими факторами.

Функциональные слои террасной почвы, сформированной на известняках, характеризовались наиболее высокой биологической активностью. Оптимальные свойства почвообразующей породы характеризуют эту террасу как наиболее привлекательную для сельскохозяйственного использова-

ния, причем внесение удобрений на протяжении тысячелетий могло поддерживать ее плодородие на высоком уровне. Остальные террасы, почвообразующая порода которых включала аргиллиты и песчаники, в большей степени различались по гранулометрическому составу и содержанию валового фосфора, в меньшей степени – по биологической активности. Почва на делювии песчаников с минимальными показателями биологической активности характеризовалась легким гранулометрическим составом и низкими величинами содержания валового фосфора. В почве на делювии с преобладанием аргиллитов, и особенно в почве на аргиллитах, наблюдалось утяжеление гранулометрического состава функциональных слоев и увеличение содержания валового фосфора.

Особенного внимания заслуживают погребенные под террасами палеопочвы, существовавшие до начала террасирования. Очевидно, террасирование приводило к значительному изменению почвенных свойств, за исключением террасы на аргиллитах. Здесь характеристики функциональных слоев варьировали в профиле не так сильно, как это было показано для остальных террас. При этом на факторной плоскости сформировалось достаточно разреженное облако точек, включающее погребенную палеопочву (рис. 5). Под остальными террасами палеопочвы значительно отличались от функциональных слоев. В палеопочве на делювии аргиллитов и песчаников было выявлено высокое содержание валового фосфора, на известняках – низкое содержание физической глины и валового фосфора, на делювии с преобладанием песчаников – повышенная по сравнению с функциональными слоями террас биологическая активность.

Следует отметить, что определенные ограничения в изучении террасовых почв связаны с полным отсутствием современных фоновых почв, не используемых в земледелии. Каждый участок поверхности, где был хотя бы минимальный слой почвы, так или иначе распаивался с эпохи Средневековья до наших дней. Поэтому судить о свойствах исходных почв, существовавших до начала террасирования, можно лишь по погребенным почвам и лишь в тех случаях, когда они сохраняются.

**Горные антропогенные почвы земледельческих террас в классификации почв России.** Место террасовых почв в классификации почв России остается дискуссионным. В WRB (2014) введен квалификатор Escalic для почв, сформированных на антропогенных террасах. Этот квалификатор применяют для четырех почвенных групп (антросоли, камбисоли, лювисоли, регосоли). Специфические особенности почв террас отражены при составлении почвенной карты южного Крыма [15], где при описании предлагается использовать приставку “пост-...” к названию фоновой почвы. Такой ва-

риант представляется нам не вполне корректным. Вызванные террасированием изменения рельефа склона, резкое увеличение объема мелкозема, изменение водного режима и накопление влаги в теле террас, изменение условий освещенности, и другие последствия самого факта наличия террас определяют кардинальные отличия террасовых почв по сравнению с фоновыми почвами на участках без террас. По нашему мнению, в случае с почвами террас, добавление индекса, обозначающего террасирование к названию фоновых почв, недостаточно полно отражает сущность внутренних различий фоновых почв и почв террас. Почвы террас (террасоземы) принципиально отличаются от фоновых почв и требуют выделения особых таксономических единиц. И основное отличие заключается в резком увеличении поступления в почву материала почвообразующей породы в период функционирования террас. Результатом припахивания и вовлечения материала почвообразующей породы в пахотный слой является присутствие в нем камней. Причем камней сортированных, мельче 5 см, так как все более крупные камни извлекались из пахотного слоя. Именно отсутствие крупных камней при равномерном распределении мелких является диагностическим признаком террасовых почв (в естественных почвах встречаются камни разного размера, от щебня до глыб и валунов).

Во всех случаях с началом распашки начинается резкий рост мощности почвенного слоя вследствие образования нового мелкозема за счет агрогенного разрушения почвообразующей породы. Нами проведены оценки масштабов изменения объема мелкозема по результатам бурения террасированного склона с несколькими террасами, и почв без признаков террасирования на склонах одинаковой крутизны и экспозиции. Показано, что в случае с глинистыми сланцами за несколько столетий распашки объем мелкозема увеличился более чем вдвое [11, 20]. На рыхлых неконсолидированных карбонатных песчаниках эти показатели могут быть более значительными. Минимальный прирост объема мелкозема был на почвах, развитых на известняках, так как из всех рассматриваемых в данной работе литологических разновидностей известняки наиболее устойчивы к агрогенному разрушению. В тех случаях, когда почвообразующая порода была представлена плитой известняка, террасотворчество представляло собой в большей степени простое концентрирование мелкозема в виде валов в определенных местах поперек склона. Но и в этом случае ежегодное поступление в пахотный слой материала почвообразующей породы было заметным. Так, в случае с террасой Муги, при мощности погребенной почвы 30 см, ширине террасы 17 м и длине около 50 м, объем почвы до террасирования составлял около 250 м<sup>3</sup>. В настоящее время, при вы-

соте террасы в приборочной области 125 см и в области тылового шва – 5–10 см, объем мелкозема превышает 500 м<sup>3</sup>.

В целом же, важнейшим фактором, определяющим развитие почв террас, является ежегодное вовлечение в пахотный слой больших объемов почвообразующей породы, что обуславливает наличие стратифицированного профиля и дает основания отнести эти почвы к стволу синлитогенных почв. Далее определение места террасовых почв в Классификации и диагностике почв России вызывает известные сложности в связи с наличием почвенных комбинаций, которые можно обнаружить изучаемых объектах.

В пределах тела террасы можно выделить две почвенные разности, относящиеся к двум разными отделам: в приборочной части, где идет аккумуляция мелкозема, формируются стратоземы постагрогенные, в то время как в области тылового шва – агролитоземы. Еще раз отметим, что это наблюдается в пределах тела одной террасы на расстоянии в несколько метров. Именно такая комбинация почв является характерной чертой почвенного покрова земледельческих террас. Исключение составляют почвы террас на конусах выноса в районах орошаемого земледелия [37].

Типовая принадлежность почв земледельческих террас также вызывает сложности. В пределах одной террасы в приборочной части развиты стратоземы гумусовые постагрогенные, часто на погребенной почве; в центральной части – стратоземы гумусовые постагрогенные с заметно меньшим содержанием  $S_{орг}$ . Погребенная почва в этих местах не сохраняется, а степень проработки породы почвообразованием заметно слабее. В области тылового шва как правило развиты агролитоземы.

На подтиповом уровне, в рамках существующей классификации почв России, данные почвы не имеют адекватной позиции, которая указывала бы на механизм формирования стратифицированной толщи. В типе стратоземы предусмотрены два подтипа, наиболее близко подходящие для данных почв – урбостратифицированные и артистратифицированные. При более детальном анализе становится очевидно, что эти определения не отвечают реалиям генезиса данных почв. В этой связи мы предлагаем ввести в классификацию почв России подтип агростратифицированные. Мы исходим из того, что агентом, действие которого вызвало формирование стратифицированного почвенного профиля, является аграрная деятельность.

## ВЫВОДЫ

1. Почвы земледельческих террас горной зоны Восточного Кавказа следует рассматривать как новый подтип агростратифицированные (ast) в

рамках типов стратоземов гумусовых в отделе стратоземы ствола синлитогенных почв. Ведущим фактором почвообразования, который обуславливает формирование стратифицированного профиля и специфические физико-химические и микробиологические свойства, является антропогенная деятельность. В результате распашки почвообразующей породы в области тылового шва террасы происходит ежегодный привнос материала почвообразующей породы в пахотный слой, что обеспечивает рост почвенного профиля основной части террасы.

2. Важнейшим диагностическим признаком почвенного покрова земледельческих террас являются закономерная смена агролитозема (в области тылового шва) стратоземом гумусовым/темногумусовым постагрогенным (в приборочной части) в пределах тела любой террасы. Диагностическим признаком всех почв этой комбинации служит равномерное без слоистости распределение мелких (до 3–5 см) камней в профиле почвы и полное отсутствие камней большего размера.

3. В каждой террасе можно выделить зону агрогенного разрушения почвообразующей породы (тыловой шов террасы), транзитно-метаморфическую зону (центральная часть), аккумулятивную зону (приборочная часть) и зону десертции и крипа (откос террасы). При изучении почвенных свойств важную информацию позволяют получить разрезы, заложенные в аккумулятивной приборочной части на некотором удалении от откоса. Для полной характеристики почвенного покрова террасы необходимо изучать почвенную комбинацию, охватывающую все три зоны.

4. Свойства почв земледельческих террас определяются характером почвообразующих пород, а также длительностью и интенсивностью антропогенной деятельности. Чем более благоприятными для земледельческого освоения были исходные почвы, тем более длительному и сильному антропогенному преобразованию они подвергались. Это привело к резкому изменению химических свойств и снижению биологической активности. Исключение составляет лишь повышенная активность фермента уреазы как следствие внесения органических удобрений.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Полевые работы 2019 г., аналитический блок исследований и подготовка публикации выполнены при поддержке РФФИ, грант № 19-29-05205 “Антропогенные почвы земледельческих террас Кавказа”. В 2017–2018 гг. полевые работы выполнялись в рамках проекта РНФ 17-18-01406.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что нет конфликта интересов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агларов М.А.* Дагестан – один из исходных центров мирового террасного земледелия // Вестник Дагестанского научного центра. 2007. № 28. С. 1–6.
2. *Агларов М.А.* Террасное земледелие в зоне доместикации растений // Хозяйство народов Дагестана в XIX–XX вв. Махачкала: Уч. зап. ИИЯЛ ДФ АН СССР, 1979. С. 7–19.
3. *Агларов М.А.* Техника сооружения террасных полей и вопросы эволюции форм собственности // Уч. зап. ИИЯЛ ДФ АН СССР. 1964. Т. XIII. Сер. историческая. С. 177–193.
4. *Баламирзоев М.А., Мирзоев Э.Р., Аджиев А.М., Муфараджев К.Г.* Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования. Махачкала: Дагестанское книжное изд-во, 2008. 336 с.
5. *Борисов А.В., Идрисов И.А., Коробов Д.С., Ельцов М.В., Савицкий Н.М., Плеханова Л.Н.* Земледельческие террасы с межевыми откосами в горном Дагестане // Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. 2016. Т. 10. № 4. С. 70–83.
6. *Борисов А.В., Коробов Д.С., Идрисов И.А., Калинин П.И.* Почвы земледельческих террас с подпорными стенками в горном Дагестане // Почвоведение. 2018. № 1. С. 26–36.  
<https://doi.org/10.7868/S0032180X17010038>
7. *Борисов А.В., Коробов Д.С., Симакова А.Н., Занина О.Г., Бухонов А.В., Демидов В.В.* Древние земледельческие террасы Кисловодской котловины: история и развития почв современное состояние // Почвоведение. 2012. № 6. С. 630–647.
8. *Залибеков З.Г.* Классификация и диагностика почв Дагестана. Махачкала: Изд-во Дагестанского центра АН СССР, 1982. 84 с.
9. *Залибеков З.Г.* Почвы Дагестана. Махачкала: Изд-во ДГУ, 2010. 243 с.
10. *Залибеков З.Г., Биарсланов А.Б.* Развитие антропогенного почвоведения как самостоятельной отрасли естественных наук // Аридные экосистемы. 2015. Т. 21. № 1(62). С. 5–16.
11. *Идрисов И.А., Борисов А.В., Магомедов Б.А.* Некоторые особенности почв земледельческих террас горного Дагестана // Тр. Ин-та геологии ДНЦ РАН. Махачкала: Изд-во ДНЦ РАН, 2015. С. 190–192.
12. *Каширская Н.Н., Чернышева Е.В., Ходжаева А.К., Борисов А.В.* Биологическая активность горных антропогенных почв средневековых земледельческих террас горного Дагестана // Аридные экосистемы. 2017. Т. 17. № 1(70). С. 5–16.
13. *Скрипникова М.И.* Древние антропогенные террасовые комплексы Карпат и Северного Кавказа как образец создания и функционирования устойчивых высокопродуктивных агроэкосистем // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2002. № 55. С. 97–113.
14. *Скрипникова М.И.* Рукотворные террасовые агроэкосистемы горных ландшафтов Евразии // Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. 2007. № 10(36). С. 35–45.
15. *Сухачева Е.Ю., Ревина Я.С.* Цифровая почвенная карта южного берега Крыма // Почвоведение. 2020. № 4. С. 389–397.  
<https://doi.org/10.31857/S0032180X20040140>
16. *Хазиев Ф.Х.* Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
17. *Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н.* Оценка экологического состояния почв степных агроэкосистем по показателям биологической активности // Вестник Нижневартковского государственного ун-та. 2017. № 1. С. 103–108.
18. *Ackermann O., Svoray T., Haiman M.* Nari (calcrete) outcrop contribution to ancient agricultural terraces in the Southern Shephelah, Israel: insights from digital terrain analysis and a geoarchaeological field survey // J. Archaeological Science. 2008. № 35. P. 930–941.
19. *Anderson J.P.E., Domsch K.H.A.* Physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biology and Biochemistry. 1978. V. 10. № 3. P. 215–221.
20. *Borisov A., Idrisov I.* Effect of ancient terracing on soil balance in mounting zone of Dagestan (Eastern Caucasus, Russia) // Int. Multidisciplinary Scientific Geo-Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management SGEM, SGEM2018 Conference Proceeding. 2018. V. 18. Iss. 3.2. P. 135–141.  
<https://doi.org/10.5593/sgem2018/3.2>
21. *Garcia C., Hernandez T., Albaladejo J., Castillo V., Roldan A.* Revegetation in Semiarid Zones: Influence of Terracing and Organic Refuse on Microbial Activity // Soil Science Soc. Am. J. 1998. V. 62. P. 670–676.
22. *Hella van Asperen, Bor A.M.C., Sonneveld M.P.W., Hendrik J., Bruins H.J., Lazarovitch N.* Properties of anthropogenic soils in ancient run-off capturing agricultural terraces in the Central Negev desert (Israel) and related effects of biochar and ash on crop growth // Plant and Soil. 2014. V. 374. P. 779–792.  
<https://doi.org/10.1007/s11104-013-1901-z>
23. *Henck A., Taylor J., Lu H., Li Yo., Yang O., Grub B., Breslow S.J., Robbins A., Elliott A., Hinckley T., Combs J., Urgenson L., Widder S., Hu Xi., Ma Ziyu, Yuan Ya., Jian D., Liao Xun, Tang Ya.* Anthropogenic hillslope terraces and swidden agriculture in Jiuzhaigou National Park, northern Sichuan, China // Quater. Res. 2010. V. 73(2). P. 201–207.  
<https://doi.org/10.1016/j.yqres.2009.10.001>
24. *Kandeler E., Gerber H.* Short-term assay of urease activity using colorimetric determination of ammonium // Biology and Fertility of Soils. 1988. V. 6. № 1. P. 68–72.
25. *Kiesow S., Bork H.-R.* Agricultural terraces as a proxy to landscape history on Madeira island, Portugal // Ler História [En línea]. 2017. V. 71.  
<https://doi.org/10.4000/lerhistoria.2912>
26. *Kosmowski F.* Soil water management practices (terraces) helped to mitigate the 2015 drought in Ethiopia // Agricultural Water Management. 2018. V. 204. P. 11–16.  
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.02.025>
27. *Pietsch D., Kühn P., Scholten T., Brunner U., Hitgen H., Gerlach I.* Holocene soils and sediments around Ma'rib Oasis, Yemen: further Sabaeen treasures? // The Holocene. 2010. V. 5. P. 785–799.
28. *Pietsch D., Mabit L.* Terrace soils in the Yemen Highlands: Using physical, chemical and radiometric data to assess their suitability for agriculture and their vulnerability to degradation // Geoderma. 2012. V. 185–186.

- P. 48–60.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.03.027>
29. Pijl A., Tosoni M., Roder G., Sofia G., Tarolli P. Design of Terrace Drainage Networks Using UAV-Based High-Resolution Topographic Data // *Water*. 2019. V. 11. Iss. 4. № 814.  
<https://doi.org/10.3390/w11040814>
  30. Sandor J., Hawley J., Schiowitz R., Gersper P. Soilgeomorphic setting and change in prehistoric agricultural terraces in the Mimbres area, New Mexico // *Geology of the gila wilderness-silver city area*. New Mexico Geological Society 59th Annual Fall Field Conference. Guidebook, 2008. P. 167–175.
  31. Sharon J., Hall J., Nakase D., Strawhacker C., Kruse-Peeples M., Schaafsma H., Briggs J. Legacies of Prehistoric Agricultural Practices Within Plant and Soil Properties Across an Arid Ecosystem // *Ecosystems*. 2013. V. 16. P. 1273–1293.  
<https://doi.org/10.1007/s10021-013-9681-0>
  32. Saunders W.M.H., Williams E.G. Observations on the determination of total organic phosphorus in soils // *J. soil science*. 1955. V. 6. Iss. 2. P. 254–267.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1955.tb00849.x>
  33. Shimpei A. Agricultural technologies of terraced rise cultivation in the Ailao mountains. Yunnan. China // *Asian and African area studies*. 2007. V. 6. P. 173–196.
  34. Spenser J.E., Hale G.A. The origin, nature, and distribution of agricultural terracing // *Pacific Viewpoint*. 1965. V. 1. P. 1–39.
  35. Stanchia S., Freppaza M., Agnellib A., Reinsch T., Zaninia E. Properties, best management practices and conservation of terraced soils in Southern Europe (from Mediterranean areas to the Alps): A review // *Quaternary International*. 2012. V. 265. P. 90–100.
  36. Tarolli P., Preti F., Romano N. Terraced landscapes: from an old best practice to a potential hazard for soil degradation due to land abandonment // *Anthropocene*. 2014. V. 6. P. 10–25.  
<https://doi.org/10.1016/j.ancene.2014.03.002>
  37. van Asperen H., Bor A., Sonneveld M., Bruins H., Lazarovitch N. Properties of anthropogenic soils in ancient run-off capturing agricultural terraces in the Central Negev desert (Israel) and related effects of biochar and ash on crop growth // *Plant and Soil*. 2014. V. 374. P. 779–792.  
<https://doi.org/10.1007/s11104-013-1901-z>
  38. *World Terraced Landscapes: History, Environment, Quality of Life*. Editors: Mauro Varotto, Luca Bonardi, Paolo Tarolli. Publisher: Springer International Publishing. 2019. 356 p.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-96815-5>
  39. Интернет-ресурс: <https://dagstat.gks.ru/>

## Soils of Ancient Agricultural Terraces of the Eastern Caucasus

A. V. Borisov<sup>1,\*</sup>, N. N. Kashirskaya<sup>1</sup>, M. V. El'tsov<sup>1</sup>, V. N. Pinskyoy<sup>1</sup>,  
 L. N. Plekhanova<sup>1</sup>, and I. A. Idrisov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, a separate division of FITC PNCBI RAS, Pushchino, 142290 Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Geology of the DNC RAS, a separate division of the FITC DNC RAS, Makhachkala, 375000 Russia*

\*e-mail: [a.v.borisovv@gmail.com](mailto:a.v.borisovv@gmail.com)

The article deals with morphological and chemical properties, and biological activity of soils of the agricultural terraces in the middle-mountainous zone of the Eastern Caucasus. The studied terraces were constructed on sandstones, limestones, clay shales and colluvium of clays and sandstones. It has been shown that properties of soils on agricultural terraces are determined by the properties of soil-forming rocks, as well as by the duration and intensity of human activity. The more favorable for agricultural development the initial soils were, the more long-term and strong anthropogenic transformation they were subjected to. Diagnostic features of mountainous anthropogenic soils of the Eastern Caucasus, inherent to all lithological varieties and features characteristic of soils on each of the types of soil-forming rock, were identified. The most important diagnostic signs of soils on agricultural terraces are regular sequences within the body of any terrace. Namely, lithozem in the area of the rear part of the terrace are replaced by a dark-humus stratozem in the edge of the terrace. Also, a common diagnostic feature for all soils of terraces is the presence of gravel inclusions up to 3–5 cm in size, evenly distributed throughout the arable layer. Suggestions to the classification of soils of Russia are proposed, in particular, to allocate mountain anthropogenic soils of agricultural terraces at the level of a new subtype in the type of agrostratozems. We offer a subtype name – agri-stratified (Terrasozem). The results of this work can be used in the assessment of the potential of agricultural use of soils in the mountainous zone of the Eastern Caucasus.

**Keywords:** the Caucasus, mountain zone, soils, agricultural terraces, chemical properties, biological activity