

УДК 631.46:631.445.25: 631.474(470.64)

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОРНЫХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА (ТЕРСКИЙ ВАРИАНТ ПОЯСНОСТИ В ПРЕДЕЛАХ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ) В РЕЗУЛЬТАТЕ АГРОИСПОЛЬЗОВАНИЯ

© 2019 г. **Ф. В. Гедгафова^{1,*}, О. Н. Горобцова¹, Т. С. Улигова¹,
Р. Х. Темботов¹, Е. М. Хакунова¹**

¹ *Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН
360051 Нальчик, ул. И. Арманд, 37а, Кабардино-Балкарская Республика, Россия*

**E-mail: ecology_lab@mail.ru*

Поступила в редакцию 16.05.2018 г.

После доработки 21.09.2018 г.

Принята к публикации 10.12.2018 г.

Впервые определены показатели биологической активности (содержание и запасы гумуса, содержание и запасы углерода микробной биомассы, активность ферментов классов гидролаз и оксидоредуктаз) верхних горизонтов (слой 0–20 см) горных серых лесных почв агроценозов и естественных биогеоценозов Кабардино-Балкарии. Для оценки изменения общего уровня биологической активности пахотных почв использован интегральный показатель эколого-биологического состояния почв (ИПЭБСП), суммирующий изученные параметры биологической активности. Установлено уменьшение ИПЭБСП обрабатываемых почв на 45%, что показало наличие деградационных процессов, ведущих к нарушению их экологических функций и снижению уровня плодородия.

Ключевые слова: биологическая активность почвы, горные серые лесные почвы, Центральный Кавказ, Терский вариант поясности, Кабардино-Балкария, агроиспользование почв.

DOI: 10.1134/S0002188119040069

ВВЕДЕНИЕ

Кабардино-Балкария, являющаяся преимущественно аграрной республикой, расположена на северных склонах Центрального Кавказа и занимает небольшую территорию площадью всего 12470 км² с перепадом высоты местности от 150 до 5642 м над уровнем моря. Сельское хозяйство в республике ведется в условиях сложного рельефа и разнообразных природных ландшафтов с несхожими биоклиматическими условиями [1–5]. В соответствии с природно-хозяйственными признаками территория республики делится на 3 агроэкологические зоны – степную (равнинную), предгорную и горную, которые различаются по климату, растительному и почвенному покрову [6]. Наибольшему антропогенному воздействию подвергаются равнинная и предгорная зоны, значительные пространства которых лишились естественного облика вследствие интенсивного ведения сельскохозяйственного производства.

Несмотря на пересеченность рельефа, в сельскохозяйственное использование вовлечена до-

статочно большая площадь земель, составляющая ≈60% всей территории республики, в том числе под пашню занято 43% [6]. Агрогенные почвы используют под высокопродуктивное зерновое хозяйство, а также для выращивания масличных, овощных и плодовых культур. Известно [2, 3, 7–18], что вовлечение почв в активное агроиспользование оказывает негативное воздействие на их физические, химические и биологические свойства, что в свою очередь вызывает развитие деградационных процессов, приводящих к нарушению экологических функций почв и снижению уровня их естественного плодородия.

Настоящая работа является частью цикла научных исследований, направленных на изучение биологической активности наиболее распространенных типов почв равнинно-предгорных территорий Кабардино-Балкарии, подверженных длительному (более 70 лет) сельскохозяйственному воздействию [19–21].

В научной литературе довольно подробно освещены вопросы, касающиеся морфологических, физических и агрохимических свойств гор-

ных почв республики [1–3]. Исследования биологических характеристик почв, в частности горных серых лесных, распространенных на предгорных территориях, до настоящего времени не проводили. Диагностирование биологических параметров позволяет установить общий уровень биологической активности пахотных и целинных горных почв и сделать определенные выводы о степени устойчивости почв к действию антропогенных нагрузок.

При оценке биологической активности весьма перспективным представляется определение таких информативных параметров, как содержание гумуса, физиологическая активность микробной биомассы и активность ферментов 2-х классов: гидролаз (инвертазы, фосфатазы, уреазы) и оксидоредуктаз (дегидрогеназы, каталазы) [7–10, 14–21]. Определить общий уровень биологической активности обрабатываемых и естественных горных серых лесных почв и оценить степень влияния агротехнических мероприятий на их биологические свойства позволяет расчет интегрального показателя эколого-биологического состояния почвы (ИПЭБСП), выполняемый на основе совокупности полученных данных [9–12].

Цель работы – сравнительная оценка показателей и общего уровня биологической активности верхних горизонтов (0–20 см) горных серых лесных почв агроценозов и естественных биогеоценозов северного макросклона Центрального Кавказа (терский вариант поясности в пределах Кабардино-Балкарии).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись горные серые лесные почвы, сформированные на предгорных территориях юго-восточной части Кабардино-Балкарии. Район исследований охватывает часть пояса широколиственных лесов терского варианта поясности (500–1700 м над уровнем моря). Площадь, которую занимают горные серые лесные почвы, составляет 748 км² [3].

В соответствии с классификацией высотно-поясной структуры ландшафтов Кавказа, разработанной Темботовым [4], в пределах Кабардино-Балкарии выделены 2 варианта поясности – терский и эльбрусский (рис. 1). Эльбрусский вариант характеризуется относительно сухим и холодным климатом и отсутствием лесного пояса. В более влажном и теплом климате терского варианта пояса широколиственных лесов с широко распространенными горными серыми лесными почвами хорошо выражен.

Основные массивы исследованных почв расположены на отрогах Мелового хребта на покатых, сильнопокатых и крутых склонах различной крутизны и экспозиции под широколиственными лесами и послелесными лугами [1–3]. Почвообразующими породами являются третичные осадочные отложения (известняки, песчаники, глины, мергели) [2, 3].

Район исследования характеризуется умеренно влажным климатом с теплым летом и прохладной зимой. Среднегодовое количество осадков достигает 750–800 мм, среднегодовая температура воздуха меняется в пределах от 8.5°C до 10.0°C, гидрометрический коэффициент равен 1.1–1.3 [22].

Горные серые лесные почвы сформировались под буково-грабово-дубовыми лесами. Естественный растительный покров безлесных склонов и предгорных равнин представлен разнотравно-злаковыми сообществами. На выровненных участках рельефа описываемые почвы, обладающие благоприятными агрофизическими и агрохимическими свойствами [1–3], используют под пахотные угодья, многолетние насаждения, пастбища и сенокосы. В последние десятилетия пахотные земли в республике эксплуатируются в основном мелкими товаропроизводителями на условиях краткосрочной аренды. В создавшихся экономических условиях арендаторы не соблюдают должный уровень агротехники, не применяют рациональную систему севооборотов, не соблюдают нормы внесения органических и минеральных удобрений, что не может не сказываться на свойствах обрабатываемых почв.

Сбор и анализ почвенных образцов для определения физических и биологических свойств осуществляли общепринятыми в экологии и почвоведении методами [11, 23]. Почвы отбирали методом конверта в горизонте 0–20 см в естественных биогеоценозах и агроценозах (под посевами кукурузы) в 1-й декаде июля 2017 г., всего отобрано 7 смешанных проб. При определении местоположения точек отбора образцов использовали картографические материалы [5]. Высотные пределы точек отбора проб – 507–743 м над уровнем моря, координаты: 43°30′831″–43°39′116″ с.ш., 43°56′837″–44°10′861″ в.д. (рис. 1). Классификационная диагностика осуществлена согласно генетической классификации почв [24, 25].

Лабораторно-аналитические исследования выполняли в 3–6-кратной повторности. Содержание гумуса определяли методом Тюрина в модификации Никитина (%), рН_{Н₂О} – потенциометрическим методом, полевую влажность и плотность почв – весовым методом [23]. Запасы

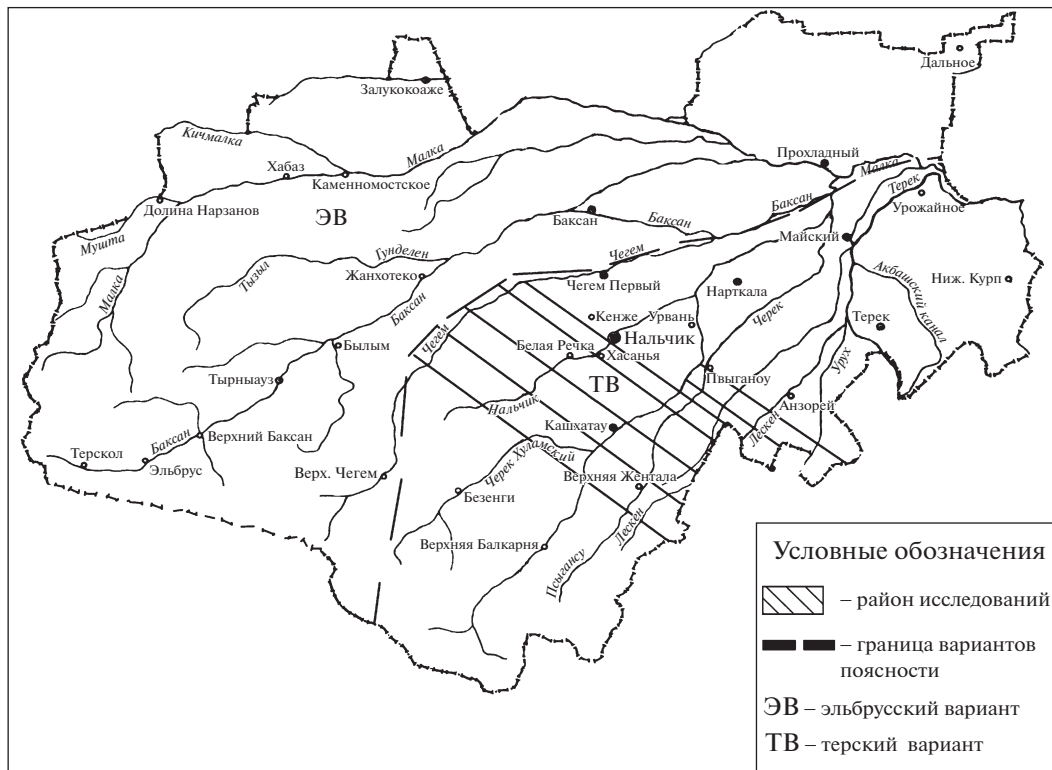


Рис. 1. Карта-схема района исследования горных серых лесных почв терского варианта поясности в пределах Кабардино-Балкарии.

гумуса в слое 0–20 см рассчитывали, используя показатели плотности почв.

Для оценки физиологической активности микробной биомассы использовали методику определения скорости субстрат-индуцированного дыхания (СИД) [17, 26]. Скорость СИД оценивали по интенсивности дыхания микроорганизмов после обогащения почвы раствором глюкозы (0.2 мл/г сухой почвы; титр 0.05 г глюкозы). Содержание углерода микробной биомассы почвы определяли по формуле:

$$C_{\text{микр}} \text{ (мкг С/г почвы)} \\ = \text{СИД (мкл CO}_2\text{/г почвы/ч)} \times 40.04 + 0.37 \text{ [26].}$$

Запасы углерода микробной биомассы в слое 0–20 см установили, используя данные плотности сложения. Долю углерода микробной биомассы $C_{\text{микр}} : C_{\text{орг}}$ (%) рассчитывали как отношение содержания углерода микробной биомассы к общему содержанию органического углерода в почве.

Активность ферментов – дегидрогеназы, инвертазы, фосфатазы и уреазы – определяли колориметрическим методом, каталазы – газометрическим методом по методикам Галстяна в модификации Хазиева [11]. Полученные биологические показатели оценивали по шкале Гапонюк–Мала-

хова [27]. Расчет суммарной относительной ферментативной активности провели согласно методике Звягинцева [14].

Для сравнительной оценки общего уровня биологической активности естественных и пахотных горных серых лесных почв использовали методику расчета ИПЭБСП, позволяющую интегрировать относительные величины изученных показателей [10].

Статистическую обработку полученных данных осуществляли в программе Statistica 10.0. Достоверности различий изученных почвенных характеристик агро- и биогеоценозов оценивали с помощью *t*-критерия Стьюдента при уровне значимости ≤ 0.05 .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важным фактором почвенного плодородия, оказывающим определенное влияние на направленность почвенных процессов, в том числе и биологических, является реакция почвенного раствора. Полученные экспериментальные данные показали, что естественные горные серые лесные почвы в верхних гумусово-аккумулятивных горизонтах обладали слабокислой реакцией (табл. 1). Сельскохозяйственное использование

Таблица 1. Средние величины показателей верхнего горизонта (0–20 см) горных серых лесных почв терского варианта поясности в пределах Кабардино-Балкарии

Показатель	pH_{H_2O}	Плотность, г/см ³	Гумус	
			содержание, %	запасы, т/га
Естественные почвы	6.3 ± 0.3	0.90 ± 0.04	7.4 ± 0.6	148 ± 15
Пахотные почвы	7.1 ± 0.3	1.38 ± 0.03	3.5 ± 0.2	97 ± 4

Примечание. $\bar{X} \pm t$ – среднее и ошибка среднего. То же в табл. 2.

Таблица 2. Средние величины микробиологических показателей верхнего горизонта (0–20 см) горных серых лесных почв исследованных территорий

Показатель	Скорость СИД, мкг CO ₂ /г/ч	Содержание C _{микр} , мкг С/г	Запас C _{микр} , г/м ²	C _{микр} : C _{орг}
Естественные почвы	79.0 ± 9.1	1680 ± 190	350 ± 39	4.1 ± 0.4
Пахотные почвы	28.6 ± 3.7	609 ± 76	173 ± 19	3.1 ± 0.4

Примечание. Шкала оценки содержания углерода микробной биомассы (мкг С/г почвы) в почвах: <200 – очень низкое, 201–500 – низкое, 501–1000 – среднее; >1000 – высокое [17].

вызвало некоторое подщелачивание почвенного раствора, однако различия в величии pH_{H_2O} для целинной и обрабатываемой почв (всего 11%) не были статистически значимыми ($t = 1.74$, $P = 0.12$).

Одним из физических показателей, влияющих на активность биологических почвенных процессов, является плотность сложения. Средний показатель плотности пахотных горизонтов соответствовал уровню среднеуплотненной почвы [28] и существенно (на 34%) превосходил среднюю плотность верхних горизонтов естественных горных серых лесных почв ($t = 8.99$, $P = 0.00$). Уплотнение пашни могло быть одной из причин ухудшения условий для развития и функционирования почвенных микроорганизмов.

Гумусовое состояние почв является определяющим для проявления активности большинства почвенных ферментов и интенсивности почвенного микробного дыхания [7–10, 15, 17]. В результате проведенного исследования выявлены существенные изменения в показателях содержания и запасов гумуса обрабатываемых почв. Анализ полученных данных (табл. 1) позволил отнести почвы естественных биогеоценозов к виду многогумусных, а их пахотные аналоги – к среднегумусным [24, 25]. Под влиянием агротехнических мероприятий содержание гумуса в пахотном горизонте значимо снизилось – на 53% ($t = 6.67$, $P = 0.00$) по сравнению с целинными почвами. Основной причиной дегумификации агрогенных почв следует считать активную минерализацию гумуса, проявляющуюся при недостаточном внесении органических удобрений, что вело к неизбежной деградации обрабатываемых почв [8, 16].

В соответствии со шкалой оценки [29] запасы гумуса в верхнем горизонте (0–20 см) почв биогеоценозов характеризовались как средние. Пахотное использование исследованной почвы привело к статистически значимым потерям запасов гумуса – на 35% ($t = 3.32$, $P = 0.01$). Наблюдаемое сокращение данного показателя до уровня низких запасов свидетельствовало о 2-й степени деградации обрабатываемых почв [29]. Полученные данные позволили утверждать, что агроиспользование оказывало на горные серые лесные почвы глубокое воздействие, что вело к существенному ухудшению их гумусового состояния.

Одним из чувствительных параметров, характеризующих изменение биологической активности пахотных почв, является показатель скорости СИД [17, 18, 26, 30–32]. Статистически значимое ($t = 5.14$, $P = 0.00$) уменьшение интенсивности микробного дыхания указывало на снижение респираторной активности микробного сообщества в пахотном горизонте горных серых лесных почв (табл. 2).

Углерод микробной биомассы (C_{микр}) является наиболее подвижной и активной фракцией почвенного органического углерода [17]. Показатели содержания C_{микр}, рассчитанные на основе данных скорости СИД, позволили дать количественную характеристику микробного сообщества целинных и пахотных почв. В естественных условиях верхний горизонт почв демонстрировал высокий уровень содержания C_{микр}. Почвы, находящиеся в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования, показали значительное снижение содержания C_{микр} – на 64% ($t = 5.17$, $P = 0.00$) и его запасов – на 50% ($t = 4.07$, $P = 0.00$). Изме-

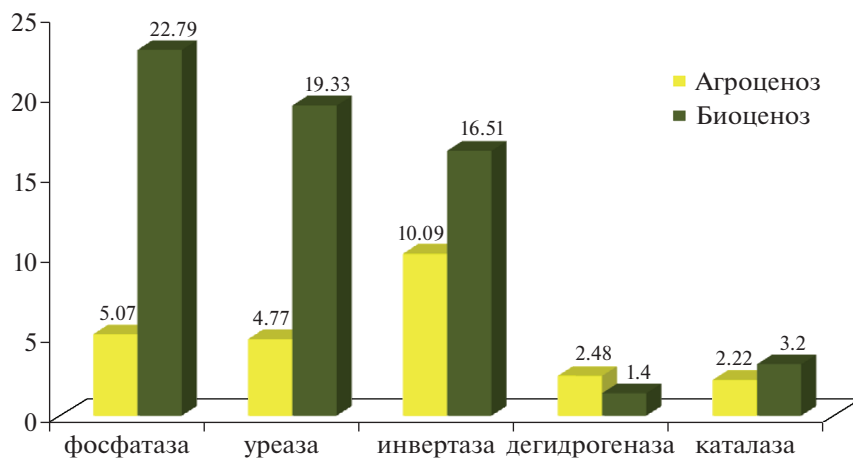


Рис. 2. Изменение средних величин активности ферментов верхнего горизонта (0–20 см) горных серых лесных почв в результате сельскохозяйственного использования. Активность фосфатазы выражена в мг $P_2O_5/100$ г почвы/ч, уреазы – мг $NH_3^-/10$ г почвы/сут, инвертазы – мг глюкозы/г почвы/сут, дегидрогеназы – мг ТФФ/10 г почвы/сут, катаказы – мг $O_2/г$ почвы/мин.

нение уровня описанных микробиологических параметров в горных серых лесных почвах агроценозов от высокого до среднего – показатель снижения потенциала микробного пула, произошедшего под влиянием агроэкологических факторов.

В качестве индикатора состояния почвенной микробной биомассы при различных антропогенных нагрузках принято использовать показатель доли углерода микробной биомассы в общем органическом углероде почвы ($C_{\text{микро}} : C_{\text{орг}}$). Установлено [17, 30], что соотношение $C_{\text{микро}} : C_{\text{орг}}$, как правило, находится в интервале от 1 до 10%, и чем выше этот показатель, тем устойчивее микробное сообщество. Выявленная тенденция к снижению данного параметра на 23% ($t = 2.12$, $P = 0.07$) в пахотных горизонтах указывала на потерю наиболее ценной – живой части органического углерода почвы.

Биологическая активность почв в значительной степени определяется каталитической деятельностью почвенных ферментов. Литературные сведения [7–10, 14–16] и результаты проведенных авторами данной статьи ранее исследований [19, 21] показали, что при изучении изменений, происходящих в пахотных почвах, весьма эффективной является оценка активности ферментов класса гидролаз (фосфатазы, уреазы, инвертазы), участвующих в углеродном, азотном и фосфорном обмене, и оксидоредуктаз (дегидрогеназы, катаказы), активизирующих окислительно-восстановительные реакции трансформации органических веществ [7, 8].

Диаграмма, представленная на рис. 2, демонстрирует изменение уровня активности контролируемых почвенных ферментов в почвах агроце-

нозов в сравнении с их естественными аналогами. Верхний горизонт естественных почв обладал средним уровнем активности гидролитических ферментов [27]. В пахотных почвах происходило уменьшение их активности от среднего до слабого уровня. Максимальное снижение было зафиксировано для уреазы (на 75%) и фосфатазы (на 78%), что позволило отметить наименьшую устойчивость данных ферментов к действию комплекса агрогенных факторов. Установленное различие активности другого гидролитического фермента – инвертазы (на 39%) в обрабатываемых и естественных почвах проявлялось не столь резко, как в случае уреазы и фосфатазы, но было также весьма существенным. Анализ показал статистически значимое снижение активности гидролитических ферментов: инвертазы ($t = 4.13$, $P = 0.003$), фосфатазы ($t = 2.73$, $P = 0.03$) и уреазы ($t = 2.58$, $P = 0.03$).

Суммарная относительная активность гидролаз агрогенных почв была на 64% меньше показателя естественных почв (рис. 3). Причиной заметного уменьшения деятельности гидролитических ферментов могла быть дегумификация пахотного горизонта. По мнению авторов работ [7–10, 15], именно гумусовое состояние в наибольшей степени обуславливает уровень активности ферментов данного класса.

Проявление каталитической деятельности оксидоредуктаз при агроиспользовании было иным. В верхнем горизонте целинных почв установлена очень слабая активность дегидрогеназы. При агрообработке почв происходило увеличение активности фермента, но различия между естественными и пахотными почвами не являлись ста-

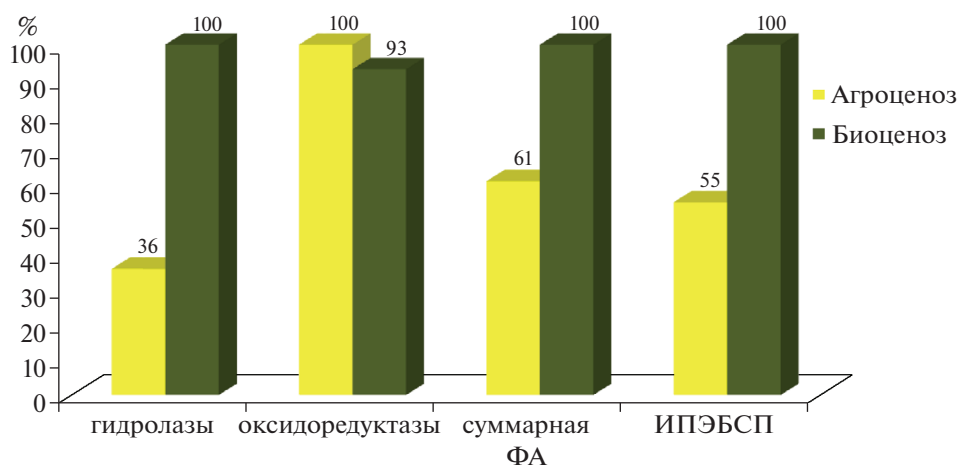


Рис. 3. Суммарная относительная активность гидролаз, оксидоредуктаз, ферментов двух классов и величины ИПЭБС горных серых лесных почв (горизонт 0–20 см).

статистически значимыми ($t = 1.30$, $P = 0.23$), в обоих случаях дегидрогеназная активность находилась на очень слабом уровне.

Абсолютные величины каталазной активности почв под пашней соответствовали слабому уровню, что было на 31% меньше, чем в естественных почвах, которые характеризовались средней активностью фермента, однако статистически значимых различий между показателями этих почв не выявлено ($t = 1.40$, $P = 0.20$). Суммарная относительная активность окислительно-восстановительных ферментов при сельскохозяйственном использовании почв повысилась на 7%. Согласно литературным данным [8, 33], при агрогенном воздействии на почвенный покров средние величины большинства биологических показателей уменьшаются, но в случае активности дегидрогеназы проявлялась тенденция к ее увеличению. Возможно, оставаться на уровне активности, сопоставимом с показателями естественных почв, оксидоредуктазам позволяет регулярная аэрация при обработке почвы, которая активизирует процессы окисления [7–10].

Необходимо отметить, что суммарная относительная активность гидролаз в верхних горизонтах почв естественных биогеоценозов была на 21% выше, чем оксидоредуктаз, что указывало на более активные гидролитические процессы по сравнению с окислительно-восстановительными. При агроиспользовании почв было отмечено иное соотношение активности 2-х классов ферментов, выразившееся в преобладании каталитической активности оксидоредуктаз над гидролазами на 49%. В целом ферменты класса оксидоредуктаз оказались более устойчивыми к сельскохозяйственному воздействию, чем ферменты класса гидролаз, что нашло подтверждение в ряде работ [7–10].

Для сравнительной оценки общего уровня активности ферментов естественных почв с пахотными аналогами определены показатели суммарной относительной ферментативной активности, включающие данные о деятельности всех пяти ферментов. На диаграмме (рис. 3) показано, что различия относительных величин этого показателя между сравниваемыми почвами были существенными и составили 39%.

Изученные составляющие биологической активности значительно различались по степени устойчивости к сельскохозяйственному воздействию, что позволило выделить наиболее чувствительные диагностические параметры. Описанные показатели образовали следующий ряд (снижение в % по отношению к естественным почвам): активность фосфатазы (78%) > активность уреазы (75%) > содержание $C_{\text{микро}}$ (64%) > > содержание гумуса (53%) > запасы $C_{\text{микро}}$ (50%) > > активность инвертазы (39%) > запасы гумуса (35%) > активность каталазы (31%). Полученные экспериментальные данные показали целесообразность использования изученных биологических показателей в качестве индикаторов негативных изменений, происходящих в почвах в результате агроиспользования, что согласуется с исследованиями других авторов [7–11, 15, 17].

Совокупность рассмотренных параметров, отражающих различные аспекты биологических свойств (генетические, микробиологические, биохимические), позволяет через интегральный показатель эколого-биологического состояния охарактеризовать общий уровень биологической активности почв [12]. При расчете ИПЭБСП были учтены: содержание гумуса, углерода микробной биомассы, активность 3-х окислительно-восста-

новительных и 2-х гидролитических ферментов. При сопоставлении величин этого показателя (рис. 3) отмечено, что ИПБЭСП пахотного горизонта снизился практически в 2 раза относительно верхнего горизонта естественных почв. Это свидетельствовало о значительном влиянии комплекса агрогенных факторов на направленность и интенсивность биохимических процессов в горных серых лесных почвах.

Снижение общего уровня биологической активности отражает степень почвы к действию антропогенной нагрузки и ее способность выполнять свои экологические функции в агрогенных условиях. Согласно схеме экологического нормирования воздействия на почву, предложенной авторами работы [12], сокращение ИПБЭСП более чем на 25% по сравнению с контролем является признаком нарушения всех групп экологических функций, выполняемых почвой. Установленное в исследованиях авторов снижение величин ИПБЭСП на 45% указывало на нарушение устойчивости и способности к выполнению экологических функций горных серых лесных почв, находящихся в сельскохозяйственном использовании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые комплексно определены показатели, отражающие различные аспекты биологических свойств (генетические, микробиологические, биохимические) горных серых лесных почв агроценозов и естественных биогеоценозов Центрального Кавказа (терский вариант поясности в пределах Кабардино-Балкарии). Полученные результаты исследования пополнили имеющиеся сведения о современном состоянии почв республики и в дальнейшем позволят провести оценку качества почв на основе совокупности показателей, характеризующих общий уровень ее биологической активности.

Сравнительная оценка показателей, характеризующих верхний горизонт пахотных и целинных почв, выявила значимое снижение содержания (на 53%) и запасов гумуса (на 35%), увеличение плотности сложения (на 34%) при относительно стабильных кислотно-щелочных условиях почвенного раствора. Величины потерь запасов гумуса в пахотных горизонтах указывали на наличие 2-й степени деградации почв агрогенных ландшафтов.

Ухудшение функционирования микробного сообщества обрабатываемых почв выразилось в статистически значимом уменьшении содержания углерода микробной биомассы (на 64%) и его запасов (на 51%). Установлено, что углерод микробной биомассы под пашней составил меньшую долю от общего органического углерода (3.1%) по сравнению с целинными аналогами (4.1%). Многолетнее агроиспользование горных серых лес-

ных почв привело к уменьшению активности большинства изученных почвенных ферментов от среднего до слабого уровня.

Статистически значимые снижения практически всех изученных показателей биологической активности почв отражают происходящие негативные изменения в почвах агроценозов: ослабление устойчивости к процессам деградации, снижение респираторной деятельности микробного сообщества и активности почвенных ферментов. Выявленное уменьшение общего уровня биологической активности, индикатором которой является интегральный показатель эколого-биологического состояния почв (ИПЭБСП) (на 45%), показало высокую степень негативного влияния сельскохозяйственного воздействия на биологические свойства горных серых лесных почв и нарушение их экологических функций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Керэфов К.Н., Фианшеев Б.Х. Природные зоны и пояса Кабардино-Балкарской АССР. Нальчик, 1977. 71 с.
2. Кумахов В.И. Почвы Центрального Кавказа. Нальчик, 2007. 125 с.
3. Почвы Кабардино-Балкарской АССР и рекомендации по их использованию. Нальчик: Государственный проектный институт по землеустройству СевКавНИИгипрозем, 1984. 201 с.
4. Соколов В.Е., Темботов А.К. Позвоночные Кавказа. Млекопитающие. Насекомоядные. М.: Наука, 1989. 547 с.
5. Молчанов Э.Н. Почвенный покров Кабардино-Балкарской АССР. Пояснительный текст к Почвенной карте Кабардино-Балкарской АССР. М.: ГУГК при СМ СССР, 1990. 22 с.
6. Тангиев М.И., Кодзоев М.М., Точиев А.М. Агроэкологическое микрорайонирование территории, адаптивное размещение и технология возделывания основных полевых культур в центральной части Северного Кавказа. Нальчик, 2012. 331 с.
7. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. Ереван, 1974. 275 с.
8. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука, 1982. 203 с.
9. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Методология исследования биологической активности почв (на примере Северного Кавказа) // Науч. мысль Кавказа. 1999. № 1. С. 32–37.
10. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биология почв Юга России. Ростов/н/Д.: Изд-во ЦВВР, 2004. 350 с.
11. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биологическая диагностика почв: методология и методы исследований. Ростов/н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2012. 260 с.
12. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения. Ростов/н/Д.: Ростовиздат, 2006. 385 с.

13. Яковлев А.С., Молчанов Э.Н., Макаров О.А., Савин И.Ю., Красильников П.В., Чуков С.И., Евдокимова М.В. Научно-правовые аспекты экологической оценки и контроля деградации почв и земель России на основе характеристики их экологических функций // Почвоведение. 2015. № 9. С. 1121–1130.
14. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы оценки некоторых показателей // Почвоведение. 1978. № 10. С. 44–52.
15. Даденко Е.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Мясникова М.А. Влияние распашки на биохимические свойства черноземов Юга России. Ростов/н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. 115 с.
16. Паринкина О.М., Клюева Н.В. Микробиологические аспекты уменьшения естественного плодородия почв при их сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. 1995. № 5. С. 573–581.
17. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. М.: Наука, 2003. 222 с.
18. Семенов А.М., Соколов М.С. Концепция здоровья почвы: фундаментально-прикладные аспекты обоснования критериев оценки // Агрохимия. 2016. № 1. С. 3–16.
19. Гедгафова Ф.В., Улигова Т.С., Горобцова О.Н., Темботов Р.Х. Биологическая активность черноземных почв Центрального Кавказа (в пределах терского варианта пояности Кабардино-Балкарии) // Почвоведение. 2015. № 12. С. 1474–1482.
20. Горобцова О.Н., Гедгафова Ф.В., Улигова Т.С., Темботов Р.Х. Экофизиологические индикаторы состояния микробной биомассы черноземов Центрального Кавказа (в пределах терского варианта пояности Кабардино-Балкарии) // Экология. 2016. № 1. С. 22–29.
21. Хакунова Е.М., Горобцова О.Н., Гедгафова Ф.В., Улигова Т.С., Темботов Р.Х. Изменение биологической активности горных черноземов Центрального Кавказа в результате сельскохозяйственного использования (в границах эльбрусского варианта пояности Кабардино-Балкарии) // Агрохимия. 2018. № 3. С. 12–18.
22. Климатические данные городов по всему миру // <https://ru.climate-data.org> [Электр. ресурс]. Дата обращения: 30.03.2018 г.
23. Добровольский В.В. Практикум по географии почв. М.: Владос, 2001. 143 с.
24. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
25. Вальков В.Ф., Колесников С.И., Казеев К.Ш. Почвы Юга России: классификация и диагностика. Ростов/н/Д.: СКНЦ ВШ, 2002. 349 с.
26. Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. 1978. V. 10. № 3. P. 215–221.
27. Гапонюк Э.И., Малахов С.В. Комплексная система показателей экологического мониторинга почв // Тр. IV Всесоюз. совещ. Обнинск, июнь 1983. Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 3–10.
28. Молчанов Э.Н., Савин И.Ю., Яковлев А.С., Булгаков Д.С., Макаров О.А. Отечественные подходы к оценке степени деградации почв и земель // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1394–1406.
29. Вальков В.Ф., Елисеева Н.В., Имгурт И.И., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Справочник по оценке почв. Майкоп: ГУРИПП “Адыгея”, 2004. 234 с.
30. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Гавриленко Е.Г. Особенности определения углерода микробной биомассы почвы методом субстрат-индуцированного дыхания // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1327–1333.
31. Bastida F, Herna'ndez T, Albaladejo J., Garc'na C. Phylogenetic and functional changes in the microbial community of long-term restored soils under semiarid climate // Soil Biol. Biochem. 2013. V. 65. P. 12–21.
32. Murugan R., Loges R., Taube F., Sradnick A., Joergensen R.G. Changes in soil microbial biomass and residual indices as ecological indicators of land use change in temperate permanent grassland // Microb. Ecol. 2014. V. 67. P. 907–918.
33. Brzezinska M., Stepniewska Z., Stepniewska W. Dehydrogenase and catalase activity of soil irrigated with municipal wastewater // Pol. J. Environ. Stud. 2001. V. 10(5). P. 307–311.

Changes in Biological Activity of Mountain Gray Forest Soils of the Central Caucasus (Terskiy Variant of Vertical Zonation within Kabardino-Balkaria) Resulting from Agricultural Use

F. V. Gedgafova^{a, #}, O. N. Gorobtsova^a, T. S. Uligova^a, R. K. Tembotov^a,
E. M. Khakunova^a, and A. K. Tembotov^a.

^a Institute of Ecology of Mountain Territories RAS
ul. I. Armand 37a, Nalchik 360051, Russia

[#]E-mail: ecology_lab@mail.ru

The parameters of biological activity (humus content and stocks, microbial biomass carbon content and stocks, enzymatic activity of hydrolase and oxidoreductase classes) in the upper horizons (0–20 cm) of mountain gray forest soils from agrocenoses and natural biogeocenoses of Kabardino-Balkaria were determined for the first time. The integral indicator of the ecological and biological soil state (IPEBSP) which summarized the studied parameters of biological activity was applied to assess changes in general level of biological activity of arable soil. A 45% reduction of IPEBSP in cultivated soils was established; it demonstrates the manifestation of degradation processes leading to the disruption of their ecological functions and a decrease in the fertility level.

Key words: soil biological activity, mountain gray forest soils, Central Caucasus, Terskiy variant of vertical zonation, Kabardino-Balkaria, agricultural use.