

УДК 631.415+631.413.2

DOI: 10.19047/0136-1694-2025-126-137-155



Ссылки для цитирования:

Агурова И.В., Сыщиков Д.В., Березовский А.С. Оценка влияния различных систем землепользования на кислотность почв сельскохозяйственных угодий Донецкой Народной Республики // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2025. Вып. 126. С. 137-155. DOI: 10.19047/0136-1694-2025-126-137-155

Cite this article as:

Agurova I.V., Syshchykov D.V., Berezovskiy A.S., Assessment of the impact of various land use systems on soil acidity of agricultural lands in the Donetsk People's Republic, Dokuchaev Soil Bulletin, 2025, V. 126, pp. 137-155, DOI: 10.19047/0136-1694-2025-126-137-155

Благодарность:

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБНУ Донецкий ботанический сад по теме FREG-2023-0002 “Качественные и функциональные характеристики почв сельскохозяйственных угодий в степной зоне и пути восстановления их биологической продуктивности”, № 123101300198-3.

Acknowledgments:

The work was carried out within the framework of the state assignment of FSBSI DBG on the theme FREG-2023-0002 “Qualitative and functional characteristics of agricultural soils in the steppe zone and ways to restore their biological productivity”, No. 123101300198-3.

**Оценка влияния различных систем
землепользования на кислотность почв
сельскохозяйственных угодий
Донецкой Народной Республики**

© 2025 г. И. В. Агурова^{*}, Д. В. Сыщиков^{**}, А. С. Березовский^{***}

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
“Донецкий ботанический сад”, Россия,
ДНР, 283023, Донецк, пр. Ильича, 110,*

^{*}<https://orcid.org/0000-0002-4583-6480>, e-mail: ir.agur@mail.ru,
^{**}<https://orcid.org/0000-0003-4044-1129>, e-mail: 2007dmitry@rambler.ru,
^{***}<https://orcid.org/0009-0006-1260-1921>, e-mail: berezovskiias@list.ru.

*Поступила в редакцию 16.01.2025, после доработки 24.03.2025,
принята к публикации 13.11.2025*

Резюме: Целью настоящих исследований было изучение актуальной, обменной и гидролитической кислотности почв сельскохозяйственных угодий Донецкой Народной Республики. В качестве модельных выбраны участки земель различной степени деградации в восточной и западной частях Шахтерского района Донецкой Народной Республики, где почвенный покров представлен черноземами мало- и среднегумусными слабой и средней степени смывости. Контролем служил участок со степной растительностью (чернозем обыкновенный среднегумусный). При изучении показателя актуальной кислотности в почвах агроценозов модельных участков установлено варьирование значений реакции среды от среднекислой до среднешелочной. Исследование изменения обменной кислотности показало существенное ее превышение на склоновых участках под пшеницей (в 3.6–6.4 раза) по сравнению со значениями плакорной почвы. В наименьшей степени деградационные процессы отразились на значениях обменной кислотности участков, оставленных под паром, а также под овощными культурами, где превышение показателей варьировало от 1.1 до 1.5 раз. На участках под зерновыми культурами значения гидролитической кислотности были существенно выше показателей гидролитической кислотности на контрольном участке (в 4–10 раз). Достоверно неотличимы от контроля были значения гидролитической кислотности в почвах агроценозов под томатами, паром, луком (подпахотный горизонт), что является положительным фактором успешного возделывания широкого ряда сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: деградация почв; обменная кислотность; гидролитическая кислотность; актуальная кислотность; смытые почвы.

Assessment of the impact of various land use systems on soil acidity of agricultural lands in the Donetsk People's Republic

© 2025 I. V. Agurova^{*}, D. V. Syshchykov^{**}, A. S. Berezovskiy^{***}

*Federal State Budgetary Scientific Institution “Donetsk botanical garden”,
110 Illicha aven., Donetsk 283023, DPR, Russian Federation,
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 119017, Russian Federation,
^{*}<https://orcid.org/0000-0002-4583-6480>, e-mail: ir.agur@mail.ru,*

**<https://orcid.org/0000-0003-4044-1129>, e-mail: 2007dmitry@rambler.ru,
***<https://orcid.org/0009-0006-1260-1921>, e-mail: berezovskiias@list.ru.

Received 16.01.2025, Revised 24.03.2025, Accepted 13.11.2025

Abstract: The aim of the present research was to study the actual, exchangeable and hydrolytic acidity of the soils of agricultural lands of the Donetsk People's Republic. The model sites were selected on lands of various degradation degrees, laid in the eastern and western parts of the Shakhtyorsk district of the Donetsk People's Republic and covered by low- and medium-humus chernozems with low and medium erosion degrees. The site with steppe vegetation (medium humus chernozem) was chosen as the control one. When studying the actual acidity index in the soils of agrocenoses of model sites, a variation in the pH values from medium acidic to medium alkaline was established. The studying of exchangeable acidity fluctuations in various sites showed a significant excess of indicators in the slope areas under wheat (3.6–6.4 times) compared to the values of plakor soil. To the least extent, degradation processes affected the values of the exchangeable acidity of fallow sites, as well as under vegetable crops, where the excess of indicators ranged from 1.1 to 1.5 times. Hydrolytic acidity values in the areas under crops were significantly higher than hydrolytic acidity values in the control site (4–10 times). The values of hydrolytic acidity in the soils of agrocenoses under tomatoes, fallow, onions (subsurface horizon) were not reliably distinguished from the control ones, which is a positive factor for the successful cultivation of a wide range of crops.

Keywords: soil degradation; exchangeable acidity; hydrolytic acidity; actual acidity; degraded soils.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия антропогенное влияние на почвенный покров и биосферу достигло критических величин, нарушив условия для их полноценного функционирования, спровоцировав ряд региональных и глобальных кризисов землепользования. Проблема деградации земель, а также кардинального ухудшения их экологического состояния и функциональных возможностей относятся к одним из наиболее опасных и ключевых проблем в системе землепользования (Алманова и др., 2021; Иванов и др., 2024).

Мониторинг состояния земель сельскохозяйственного назначения является неотъемлемой и обязательной составляющей системы рационального землепользования. Длительное сельскохо-

заятельное использование пахотных угодий приводит к почвоутомлению, снижению содержания основных элементов минерального питания в почве и, как следствие, негативно сказывается на почвенном плодородии (Мамонтов и др., 2020; Савин и др., 2022). Мировой опыт показывает, что высокая продуктивность земледелия возможна при комплексном учете агрохимических и экологических факторов, необходимых для устойчивого развития растений, формирования урожая и недопущения развития деградационных процессов в почве (Chaudhari et al., 2010; Estrada et al., 2017).

В случае интенсивного сельскохозяйственного использования в черноземах происходят кардинальные изменения, которые приводят к отрицательным последствиям, снижая продуктивность и плодородие земель. Так, гумусово-аккумулятивный горизонт в настоящее время практически превращен в пахотный, а под действием ежегодной механической обработки он дезагрегируется, значительно уплотняется и после выпадения атмосферных осадков “замывается” (Семендяева и др., 2015).

Одним из “ключевых” составных элементов почвенного плодородия, оказывающим значительное влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур, является кислотность почв, которая обусловлена многими факторами, но в большинстве случаев – литологическим составом почвообразующих пород, составом почвенно-поглощающего комплекса (ППК), направлением почвообразовательного процесса, степенью эродированности почв и хозяйственной деятельностью человека (Чекмарев и др., 2011).

На кислых почвах на 30–40% уменьшается эффективность применения удобрений, в продукции интенсивно накапливаются радионуклиды и тяжелые металлы, ухудшается ее качество, снижается устойчивость агроценозов к неблагоприятным погодным условиям (Лукин, 2005). В щелочных почвах, по мнению ряда авторов, фосфор, кальций, магний, железо и другие элементы переходят в нерастворимые соединения и становятся труднодоступными для растений (Клименко и др., 2007; Несговорова, Савельев, 2022).

Актуальная (активная) кислотность обусловлена наличием ионов водорода и активностью водорода (протонов) в почвенном растворе, она измеряется величиной pH водной вытяжки или вод-

ной суспензии. Величина рН относится к устойчивому генетическому показателю почвы, и любые изменения значений кислотности являются следствием развития деградационных процессов. Потенциальная кислотность (обменная и гидролитическая) связана в основном с наличием ионов водорода и алюминия в поглощенном состоянии в ППК (Вальков и др., 2006; Ганжара, 2001).

Исследования по изучению различных видов кислотности почв земель России проводятся с целью мониторинга состояния агропромышленного комплекса и составления прогноза изменения показателей с течением времени, а также недопущения развития деградации и снижения плодородия (Беспалов, 2015; Захарова, 2017; Зинченко, 2022; Чевердин, Поротиков, 2015; Якушева, Маслова, 2009). В рамках комплексного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения нами проведены исследования варьирования значений кислотности деградированных почв Донецкой Народной Республики (Агурова, Сыщиков, 2023; Сыщиков, Агурова, 2024). В задачи исследований входило изучение актуальной, обменной и гидролитической кислотности деградированных почв агроценозов (на примере Шахтерского района Донецкой Народной Республики).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

При исследовании почвенного покрова деградированных агроэкосистем были выбраны модельные участки, заложенные с учетом таких факторов, как распространенность типа нарушения в пределах района изучения и степень антропогенной трансформации. Отбор проб почвы проводился на протяжении 2024 г. на участках восточной и западной части Шахтерского района Донецкой Народной Республики.

В качестве контроля был выбран участок (№ 1) со степной растительностью (с. Андреевка, Шахтерский район, 48°12'39.80"N; 38°70'76.19"E). Общее проективное покрытие (ОПП) составляет 95%, доминируют *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin, *Vinca minor* L., *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit., *Stipa graefiana* Steven, *Salvia nutans* L., также представлены *Echium vulgare* L., *Artemisia austriaca* Jacq., *Lathyrus tuberosus* L., *Ajuga genevensis* L., *Achillea pannonica* L., *Tragopogon major* Jacq.,

Achillea pannonica Scheele, *Plantago lanceolata* L. Чернозем обыкновенный среднегумусный.

Участки № 2 (47°94'47.28"N; 38°90'75.75"E), № 3 (47°55'58.7"N; 38°53'55.3"E), № 4 (47°55'29.6"N; 38°46'36.6"E) (с. Дмитровка, Шахтерский район, ДНР) – склоновые участки полей под зерновыми культурами (пшеницей – №№ 2, 3 и кукурузой – № 4), загрязненные сорной растительностью: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Carduus crispus* L., *Rumex crispus* L., *Senecio vernalis* Waldst & Kit, *Oberna behen* (L.) Ikonn., *Anisantha tectorum* (L.) Nevski. Почвы представлены черноземами обыкновенными малогумусными слабой и средней степени смытости.

Исследуемые участки №№ 5–9 заняты овощными культурами или находятся под паром, расположены в с. Пятиполье, Шахтерский район, ДНР:

№ 5 – под паром, первый год после картофеля (48°00'51.1"N; 38°06'58.1"E);

№ 6 – под паром, первый год после лука (48°00'54.6"N; 38°07'33.9"E);

№ 7 – под томатами (48°00'53.5"N; 38°07'57.4"E);

№ 8 – под луком (48°01'03.6"N; 38°07'19.6"E);

№ 9 – под баклажанами (48°01'04.3"N; 38°07'56.8"E).

Почвы представлены черноземами обыкновенными мало-и среднегумусными.

Почвы исследованных модельных участков – среднесуглинистые, в структурном отношении – с преобладанием фракций размером более 10 мм и 3–1 мм.

Определение видов растений производили в соответствии с классическими методами (Доброчаева и др., 1987; Остапко и др., 2010).

Описание почвенных разрезов проводили согласно общепринятым методикам (Методические рекомендации..., 1999; Розанов, 2004). Отбор почвенных образцов производили по почвенным горизонтам (Методы почвенной микробиологии и биохимии, 1991).

Актуальная кислотность (рН водной вытяжки) определялась потенциометрически в надосадочной суспензии почвы и воды в соотношении 1 : 5. Гидролитическая кислотность определялась по

Каппену, с использованием в качестве гидролитически щелочной соли уксуснокислого натрия, полученные значения выражались в ммоль экв./100 г почвы. Обменную кислотность определяли по Соколову, извлекая обменные катионы раствором хлористого калия с последующим титрованием фильтрата гидроксидом натрия (Аринюшкина, 1970; Практикум по агрохимии..., 2001). Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась по общепринятым методам параметрической статистики на 95%-ном уровне значимости по Доспехову (Доспехов, 2011).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении показателя актуальной кислотности (рН) в почвах агроценозов модельных участков установлено варьирование значений реакции среды от среднекислой до среднещелочной (табл. 1).

Первоисточником любой кислотности в почвах являются водородные ионы угольной и органических кислот, образующихся при разложении органических остатков и выделяемых корнями растений и микроорганизмами. В летний период слабокислая реакция среды (контрольный участок № 1) может быть связана с типом произрастающей растительности, накоплением продуктов выветривания и органического материала, при этом отсутствие карбонатов в составе также способствует некоторому подкислению почв. Однако в данном случае, вероятнее всего, факт повышения кислотности связан с сезонной динамикой, отсутствием возможности вымывания органических кислот в связи с продолжительной летней засухой и соответствующим подкислением среды.

Повышенная кислотность почв на участках под пшеницей и кукурузой (участки №№ 2–3) связана с особенностями рельефа (склоновая поверхность, наличие ложбин и впадин, где происходит концентрация атмосферных осадков), несоблюдением режима внесения физиологически кислых удобрений. Вымывание с осадками из ППК кальция и магния также способствует подкислению почвы, что, естественно, сказывается на плодородии почвы и выращивании сельскохозяйственных культур.

Таблица 1. Актуальная кислотность в почвах агроценозов

Table 1. Actual acidity in soils of agrocenoses

Участок/ горизонт	Период активного формирования вегетативной массы		После уборки урожая	
	М	Реакция среды	М	Реакция среды
№ 1 А	6.65	Нейтральная	6.10	Слабокислая
№ 1 В	6.81	Нейтральная	6.15	Слабокислая
№ 2 А	5.56	Среднекислая	6.10	Слабокислая
№ 2 В	5.87	Среднекислая	6.14	Слабокислая
№ 3 А	5.55	Среднекислая	6.45	Слабокислая
№ 3 В	5.72	Среднекислая	6.37	Слабокислая
№ 4 А	6.43	Слабокислая	6.52	Нейтральная
№ 4 В	6.65	Нейтральная	6.56	Нейтральная
№ 5 А	7.95	Слабощелочная	7.18	Нейтральная
№ 5 В	8.47	Среднещелочная	7.30	Нейтральная
№ 6 А	7.93	Слабощелочная	7.70	Слабощелочная
№ 6 В	8.50	Среднещелочная	7.52	Слабощелочная
№ 7 А	7.71	Слабощелочная	7.25	Нейтральная
№ 7 В	8.50	Среднещелочная	7.15	Нейтральная
№ 8 А	7.52	Слабощелочная	7.32	Нейтральная
№ 8 В	8.15	Среднещелочная	7.80	Слабощелочная
№ 9 А	7.52	Слабощелочная	7.35	Нейтральная
№ 9 В	8.35	Среднещелочная	7.45	Слабощелочная

Установлено, что оптимум для выращивания пшеницы находится при значениях рН выше 6.6 (Вальков и др., 2006), т. е. по этому показателю условия являются неблагоприятными для выращивания данной культуры. На участке № 4 условия для выращивания

кукурузы достаточно благоприятны (рН находится в пределах 6–8.5, что является оптимумом для выращивания данной культуры).

На участках №№ 5–9 (под овощными культурами и оставленными под паром) кислотность почвы снижена, по сравнению с контрольным участком, а реакция среды изменялась от нейтральной до среднещелочной, что связано с повышением содержания в почве ионов OH^- . Такая кислотность обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей. При описании почвенных разрезов и определении содержания кальция и магния в ППК установлено, что такая пониженная кислотность, а значит, повышенная щелочность обусловлена наличием карбонатов и гидрокарбонатов кальция и магния. Почвы агроценозов с щелочной реакцией среды подвержены обесструктуриванию, что негативно сказывается на их плодородии, в связи с чем выращивание овощных культур на данных участках в будущем может быть затруднено. В особенности требуют усиленного внимания и контроля участки, оставленные под паром, где известкование требуется производить с особой осторожностью, а также использовать другие способы повышения плодородия, например, ежегодно запахивая солому, которая будет благоприятно влиять на коллоидную часть чернозема.

Однако следует понимать, что определение актуальной кислотности в почвах дает лишь приближенное представление о состоянии почв, поскольку значения этого показателя весьма вариабельны. Поэтому полную картину дает изучение потенциальной кислотности. С обменной кислотностью связаны режимы органического вещества и элементов минерального питания, подвижность соединений (Зинченко, 2022). Внесение органических удобрений, как правило, способствует увеличению емкости катионного обмена и суммы поглощенных катионов, снижению обменной и гидролитической кислотностей и возрастанию степени насыщенности почвы основаниями. Применение минеральных удобрений приводит к подкислению почвы, снижению емкости поглощения и содержания обменных катионов кальция и магния. С другой стороны, как показывают исследования ряда авторов, отрицательные последствия применения минеральных удобрений часто переоцениваются. Характер действия минеральных удобрений на физико-

химические свойства почвы зависит от природно-территориального комплекса, форм и норм вносимых удобрений и длительностью их применения (Шеуджен, 2018).

При изучении обменной кислотности установлено существенное превышение ее значений на почвах склоновых участков под пшеницей (в 3.6–6.4 раза) в сравнении с показателями целинной почвы (участок № 1) (табл. 2).

В 2.6–2.8 раз показатели обменной кислотности были превышены на участке № 4 (склоновый участок под кукурузой), что также является одной из предпосылок развития деградационных процессов как в ППК, так и в почве в целом. Основные причины существенного повышения значений обменной кислотности связаны с интенсивной обработкой почвы и нерациональным внесением минеральных удобрений, загрязнением посевов сорно-рудеральной растительностью. Подкисление среды и повышенная кислотность на этих участках способствуют увеличению числа ионов водорода и алюминия, что, соответственно, вызывает повышение обменной кислотности. Наименьшими значениями обменной кислотности характеризовались участки, оставленные под паром, а также отобранные для выращивания овощных культур (участки №№ 5–9), где превышение варьировало от 1.1 до 1.5 раз по сравнению с контролем. В вариантах под паром (участок № 6 – горизонт В) значения обменной кислотности достоверно не отличались от таковых на целинном участке, что благоприятно сказывается на самой почве, ее агрофизических и агрохимических характеристиках. Это подтверждается исследованиями актуальной кислотности почв под овощными культурами, где фиксировалась реакция среды от нейтральной до слабощелочной.

По показателю гидролитической кислотности сохранялась тенденция, схожая с распределением почв по значениям обменной кислотности (табл. 3).

Для участков №№ 2–3 значения гидролитической кислотности были существенно выше показателей гидролитической кислотности целинной почвы (более чем в 10 раз), в данном случае отмечаем крайне неблагоприятные условия для произрастания и получения высоких урожаев пшеницы.

Таблица 2. Обменная кислотность (ммоль экв./100 г почвы) в почвах агроценозов

Table 2. Exchangeable acidity (mmol eq./100 g soil) in soils of agrocnoses

Участок / горизонт	$M \pm m$	% к контролю	Tst
№ 1 A	0.118 ± 0.007	—	—
№ 1 B	0.079 ± 0.004	—	—
№ 2 A	$0.754 \pm 0.02^*$	640.0	29.6
№ 2 B	$0.314 \pm 0.01^*$	400.0	21.2
№ 3 A	$0.73 \pm 0.007^*$	620.0	63.7
№ 3 B	$0.279 \pm 0.004^*$	355.0	36.1
№ 4 A	$0.33 \pm 0.007^*$	280.0	22.1
№ 4 B	$0.204 \pm 0.008^*$	260.0	14.3
№ 5 A	$0.173 \pm 0.01^*$	146.7	4.43
№ 5 B	$0.106 \pm 0.007^*$	135.0	3.5
№ 6 A	$0.141 \pm 0.007^*$	120.0	2.45
№ 6 B	0.088 ± 0.003	112.5	1.89
№ 7 A	$0.192 \pm 0.01^*$	163.3	6.0
№ 7 B	$0.098 \pm 0.004^*$	125.0	3.54
№ 8 A	$0.202 \pm 0.002^*$	171.7	11.9
№ 8 B	$0.104 \pm 0.004^*$	133.0	4.78
№ 9 A	$0.153 \pm 0.007^*$	130.0	3.67
№ 9 B	$0.106 \pm 0.007^*$	135.0	3.5

Примечание. В этой и таблице 3: M – среднее значение признака, m – ошибка среднего, % – процент превышения значений по отношению к аналогичным почвенным горизонтам участка № 1, Tst – значения критерия Стьюдента, * – различия статистически достоверны при $p < 0.05$.

Note. Here and after: M – the average value of the characteristic, m – the error of the mean, % – the percentage of values exceeding those of similar soil horizons in site No. 1, Tst – the Student's t test value, * – the differences are statistically significant at $p < 0.05$.

Таблица 3. Гидролитическая кислотность (ммоль экв./100 г почвы) в почвах агроценозов

Table 3. Hydrolytic acidity (mmol eq./100 g soil) in soils of agrocenoses

Участок / горизонт	$M \pm m$	% к контролю	Tst
№ 1 А	0.62 ± 0.051	—	—
№ 1 В	0.47 ± 0.078	—	—
№ 2 А	$6.26 \pm 0.106^*$	1009.5	47.8
№ 2 В	$4.9 \pm 0.156^*$	1037.5	23.6
№ 3 А	$6.41 \pm 0.078^*$	1033.3	61.9
№ 3 В	$4.96 \pm 0.102^*$	1050.0	34.9
№ 4 А	$2.3 \pm 0.051^*$	371.4	23.3
№ 4 В	$1.89 \pm 0.078^*$	400.0	12.8
№ 5 А	$0.8 \pm 0.051^*$	128.6	2.45
№ 5 В	0.53 ± 0.051	112.5	0.63
№ 6 А	0.63 ± 0.015	102.4	0.28
№ 6 В	0.46 ± 0.015	96.9	0.19
№ 7 А	0.71 ± 0.051	114.3	1.22
№ 7 В	0.38 ± 0.03	81.3	1.06
№ 8 А	$0.83 \pm 0.03^*$	133.3	3.5
№ 8 В	0.56 ± 0.03	118.8	1.06
№ 9 А	$0.86 \pm 0.03^*$	138.1	4.0
№ 9 В	$0.65 \pm 0.03^*$	137.5	2.12

Сохранялась тенденция повышенных значений гидролитической кислотности на участке под кукурузой (превышение относительно значений чернозема обыкновенного контрольного участка составило 3.7–4.0 раза).

Достоверно неотличимы от контроля были значения гидролитической кислотности в почвах агроценозов под томатами (участок № 7), под паром (участки №№ 5–6), под луком (подпахотный горизонт), что соответствует оптимальным условиям для возделывания данных сельскохозяйственных культур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При изучении актуальной кислотности (рН) в почвах агроценозов мониторинговых участков установлено варьирование значений реакции среды от среднекислой до среднещелочной. Повышенная кислотность почв на участках под пшеницей и кукурузой связана с особенностями рельефа (склоновая поверхность, наличие ложбин и впадин, где происходит концентрация атмосферных осадков), несоблюдением режима внесения физиологически кислых удобрений.

При изучении обменной кислотности установлено существенное превышение ее показателей на склоновых участках под пшеницей (в 3.6–6.4 раза) по сравнению со значениями целинной почвы, что, безусловно, сказывается на плодородии почв, их физических характеристиках, урожае сельскохозяйственных культур. В наименьшей степени деградационные процессы отразились на значениях обменной кислотности участков, оставленных под паром, а также отобранных для выращивания овощных культур (участки №№ 5–9), где превышение показателей варьировало от 1.1 до 1.5 раз, в вариантах под паром участка № 6 (горизонт В) значения достоверно не отличались от таковых целинного участка, что благоприятно сказывается на самой почве, ее агрофизических и агрохимических характеристиках. Это подтверждается исследованиями актуальной кислотности почв под овощными культурами, где фиксировалась реакция среды от нейтральной до среднещелочной.

Для участков №№ 2–3 значения гидролитической кислотности были существенно выше показателей гидролитической кислотности целинной почвы (более чем в 10 раз), что создает крайне неблагоприятные условия для произрастания пшеницы и получения ее высоких урожаев. Сохранялась тенденция повышенных значений гидролитической кислотности на участке под кукурузой

(превышение над значениями чернозема обыкновенного контрольного участка – в 3.7–4.0 раза). Достоверно не отличимы от контроля были значения гидролитической кислотности в почвах агроценозов под томатами, паром, луком (подпахотный горизонт), что соответствует оптимальным условиям для возделывания данных сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агурова И.В., Сыщиков Д.В.* Кислотность деградированных почв сельскохозяйственных угодий Донецкой Народной Республики // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2023. № 3. С. 125–131. DOI: <https://doi.org/10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-3-125-131>
2. *Алманова Ж.С., Кенжегулова С.О., Калакова М.Е.* Современное состояние почвенного плодородия пахотных почв Федоровского района Костанайской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 9. С. 81–86.
3. *Ариушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
4. *Беспалов В.А.* Изменение реакции среды черноземных почв Каменной степи в результате агрогенеза // Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии: сборник научных докладов Международной научно-практической конференции. Суздаль: Изд-во “ПресСто”, 2015. Книга 2. С. 56–59.
5. *Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И.* Почвоведение. М.: ИКЦ “МарТ”. Ростов н/Д: Издательский центр “МарТ”, 2006. 496 с.
6. *Ганжара Н.Ф.* Почвоведение. М.: Агроконсалт, 2001. 392 с.
7. *Доброчаева Д.Н., Котов М.И., Прокудин Ю.Н.* Определитель высших растений Украины. К.: Наукова думка, 1987. 548 с.
8. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 350 с.
9. *Захарова И.А.* Изменение кислотности черноземных почв Челябинской области // АПК России. 2017. № 4 (24). С. 940–943.
10. *Зинченко С.И.* Оценка варьирования обменной кислотности в серых лесных почвах при различных системах обработки // Владимирский земледелец. 2022. № 4 (102). С. 13–17.
11. *Иванов А.Л., Столбовой В.С., Гребенников А.М., Духанин Ю.А.* Загрязнение и пригодность почв для выращивания экологически чистой

сельскохозяйственной продукции в РФ // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2024. Вып. 118. С. 5–20. DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2024-118-5-20>.

12. *Клименко О.И., Иванова А.С., Клименко Н.И.* Влияние щелочности почвы на подвижность элементов питания растений // Бюллетень государственного Никитского Ботанического сада. 2007. № 95. С. 46–50.

13. *Лукин С.В.* Агроэкологическое состояние пахотных почв Белгородской области // Экологический мониторинг. 2005. № 6. С. 118–123.

14. *Мамонтов В.Г., Артемьева З.С., Лазарев В.И., Родионова Л.П., Крылов В.А., Ахмедзянова Р.Р.* Сравнительная характеристика свойств целинного, пахотного и залежного чернозема типичного Курской области // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 101. С. 182–201. DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-101-182-201>.

15. Методические рекомендации по морфологическому описанию почв / сост. *Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н., Герасько Л.И.* Томск: Изд-во СО РАН, 1999. 39 с.

16. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под. ред. *Звягинцева Д.Г.* М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

17. *Несговорова Н.П., Савельев В.Г.* Кислотность почв как фактор формирования видового состава фитоценозов некоторых охраняемых территорий Курганской области России // Успехи современного естествознания. 2022. № 6. С. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.17513/use.37838>.

18. *Останко В.М., Бойко А.В., Мосякин С.Л.* Сосудистые растения юго-востока Украины. Донецк: Изд-во “Ноулидж”, 2010. 247 с.

19. Практикум по агрохимии / под ред. *Минеева В.Г.* М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

20. *Розанов Б.Г.* Морфология почв. М.: Академический проект, 2004. 432 с.

21. *Савин И.Ю., Бербеков С.А., Тутукова Д.А.* Комплексная оценка неоднородности почвенного покрова по состоянию посевов // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2022. Вып. 113. С. 31–57. DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2022-113-31-57>.

22. *Семендяева Н.В., Карловец Л.А., Крупская Т.Н.* Изменение свойств чернозема выщелоченного Новосибирского Приобья при сельскохозяйственном использовании. Новосибирск: ИЦ НГАУ “Золотой колос”, 2015. 183 с.

23. *Сыщиков Д.В., Агурова И.В.* Кислотность почв сельскохозяйственных

угодий Шахтерского района Донецкой Народной Республики // Промышленная ботаника. 2024. № 1 (24). С. 47–54. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10930826>.

24. Чевердин Ю.И., Поротиков И.Ф. Влияние антропогенных факторов на реакцию почвенной среды черноземов // Агрохимия. 2015. № 8. С. 15–22.

25. Чекмарев П.А., Лукин С.В., Сискевич Ю.И., Юмашев Н.П., Корчагин В.И., Хижняков А.Н. Мониторинг кислотности пахотных почв Центрально-черноземного района // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 7. С. 6–8.

26. Шейджен А.Х. Агробιοгеохимия чернозема. Майкоп: ОАО “Полиграф-Юг”, 2018. 308 с.

27. Якушева Т.Г., Маслова И.Я. Актуальная кислотность почв при паровании и выращивании растений // Плодородие. 2009. № 5 (50). С. 46–48.

28. Chaudhari S.K., Biswas P.P., Kapil H. Soil health and fertility // Soils of India. World Soils Book Series. Springer, Cham. 2020. P. 215–231. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-31082-0_11.

29. Estrada-Herrera I.R., Hidalgo-Moreno C., Guzman-Plazola R., Suarez J.J., Navarro-Garza H., Etchevers J.D. Soilquality indicators to evaluate soil fertility // Agrociencia. 2017. Vol. 51 (8). P. 813–831.

REFERENCES

1. Agurova I.V., Syshchikov D.V., Kisltnost' degradirovannykh pochv sel'skokhozyaistvennykh ugodii Donetskoi Narodnoi Respubliki (Acidity of degraded soils of agricultural lands of the Donetsk People's Republic), *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie*, 2023, No. 3, pp. 125–131, DOI: <https://doi.org/10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-3-125-131>.

2. Almanova Zh.S., Kenzhegulova S.O., Kalakova M.E., Sovremennoe sostoyanie pochvennogo plodorodiya pakhotnykh pochv Fedorovskogo raiona Kostanaiskoi oblasti (Current state of soil fertility of arable soils of Fedorovsky district of Kostanay region), *Bulletin of Kursk State Agricultural Academy*, 2021, No. 9, pp. 81–86.

3. Arinushkina E.V., *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* (Manual of chemical analysis of soils), Moscow: Izd-vo MGU, 1970, 487 p.

4. Bepalov V.A., *Izmenenie reaktsii sredy chernozemnykh pochvy kamЕННОй stepi v rezul'tate agrogeneza* (Changes in the reaction of the environment of chernozem soils of the stone steppe as a result of agrogenesis), *Innovatsionnye tekhnologii v adaptivno-landshaftnom zemledelii* (Innovative

technologies in adaptive landscape agriculture), Suzdal: Izd-vo PresSto, 2015, pp. 56–59.

5. Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., *Pochvovedenie* (Soil science), Moscow: Izd-vo MarT, Rostov-on-Don: Izd-vo MarT, 2006, 496 p.

6. Ganzhara N.F., *Pochvovedenie* (Soil science), Moscow: Izd-vo Agrokonsalt, 2001, 392 p.

7. Dobrochaeva D.N., Kotov M.I., Prokudin Yu.N., *Opredelitel' vysshikh rastenii Ukrainy* (Identifier of higher plants of Ukraine), Kiev: Izd-vo Naukova dumka, 1987, 548 p.

8. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results), Moscow: Izd-vo Al'yans, 2011, 350 p.

9. Zakharova I.A., *Izmenenie kislotnosti chernozemnykh pochv Chelyabinskoi oblasti* (Changes in acidity of chernozem soils in the Chelyabinsk region), *APK Rossii*, 2017, No. 4 (24), pp. 940–943.

10. Zinchenko S.I., *Otsenka var'irovaniya obmennoi kislotnosti v serykh lesnykh pochvakh pri razlichnykh sistemakh obrabotki* (Evaluation of variation in exchangeable acidity in grey forest soils under different cultivation systems), *Vladimirskii zemledelets*, 2022, No. 4 (102), pp. 13–17.

11. Ivanov A.L., Stolbovoy V.S., Grebennikov A.M., Dukhanin Yu.A., *Contamination and suitability of soils for growing bio products in Russia, Dokuchaev Soil Bulletin*, 2024, Vol. 118, pp. 5–20, DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2024-118-5-20>.

12. Klimenko O.I., Ivanova A.S., Klimenko N.I., *Vliyanie shchelochnosti pochvy na podvizhnost' elementov pitaniya rastenii* (The influence of soil alkalinity on the mobility of plant nutrients), *Byulleten' gosudarstvennogo Nikitskogo Botanicheskogo sada*, 2007, No. 95, pp. 46–50.

13. Lukin S.V., *Agroekologicheskoe sostoyanie pakhotnykh pochv Belgorodskoi oblasti* (Agroecological state of arable soils of the Belgorod region), *Ekologicheskii monitoring*, 2005, No. 6, pp. 118–123.

14. Mamontov V.G., Artemyeva Z.S., Lazarev V.I., Rodionova L.P., Krylov V.A., Ahmetzyanova R.R., *Comparative characteristics of the properties of Halpic Chernozem of the Kursk Region of different land use, Dokuchaev Soil Bulletin*, 2020, Vol. 101, pp. 182–201, DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-101-182-201>.

15. *Metodicheskie rekomendatsii po morfologicheskomu opisaniiyu pochv* (Guidelines for the morphological description of soils), sost. A.G. Dyukarev, N.N. Pologova, L.I. Geras'ko, Tomsk: Izd-vo “SO RAN”, 1999, 39 p.

16. *Metody pochvennoi mikrobiologii i biokhimii* (Methods of soil

microbiology and biochemistry), pod. red. D.G. Zvyagintseva, Moscow: Izd-vo MGU, 1991, 304 p.

17. Nesgovorova N.P., Savel'ev V.G., Kislotsnost' pochv kak faktor formirovaniya vidovogo sostava fitotsenozov nekotorykh okhranyaemykh territorii Kurganskoi oblasti Rossii (Soil acidity as a factor in the formation of species composition of phytocenoses in some protected areas of the Kurgan region of Russia), *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2022, No. 6, pp. 35–40, DOI: <https://doi.org/10.17513/use.37838>.

18. Ostapko V.M., Boiko A.V., Mosyakin S.L., *Sosudistye rasteniya yugovostoka Ukrainy* (Vascular plants of the south-east of Ukraine), Donetsk: Izd-vo "Noulidzh", 2010, 247 p.

19. *Praktikum po agrokhimii* (Workshop on agricultural chemistry), pod red. V.G. Mineeva, Moscow: Izd-vo MGU, 2001, 689 p.

20. Rozanov B.G., *Morfologiya pochv* (Soil morphology), Moscow: Isd-vo Akademicheskii projekt, 2004, 432 p.

21. Savin I.Yu., Berbekov S.A., Tutukova D.A., Comprehensive assessment of soil heterogeneity by crop canopy status, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2022, Vol. 113, pp. 31–57, DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2022-113-31-57>.

22. Semendyaeva N.V., Karlovets L.A., Krupskaya T.N., *Izmenenie svoystv chernozema vyshchelochennogo Novosibirskogo Priob'ya pri sel'skokhozyaistvennom ispol'zovanii* (Changes in the properties of leached chernozem of the Novosibirsk Priobye region during agricultural use), Novosibirsk: Izd-vo ITs NGAU "Zolotoi kolos", 2015, 183 p.

23. Syshchikov D.V., Agurova I.V., Kislotsnost' pochv sel'skokhozyaistvennykh ugodii Shakhterskogo raiona Donetskoi Narodnoi Respubliki (Acidity of agricultural soils in Shakhtarsk district of Donetsk People's Republic), *Promyshlennaya botanika*, 2024, No. 1, Vol. 24, pp. 47–54, DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10930826>.

24. Cheverdin Yu.I., Porotikov I.F., Vliyanie antropogennykh faktorov na reaktsiyu pochvennoi sredy chernozemov (The influence of anthropogenic factors on the reaction of the soil environment of chernozems), *Agrokhimiya*, 2015, No. 8, pp. 15–22.

25. Chekmarev P.A., Lukin S.V., Siskevich Yu.I., Yumashev N.P., Korchagin V.I., Khizhnyakov A.N., Monitoring kislotsnosti pakhotsnykh pochv Tsentral'no-chernozemnogo raiona (Monitoring the acidity of arable soils of the Central Black Earth Region), *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2011, No. 7, pp. 6–8.

26. Sheudzhen A.Kh., *Agrobiogeokhimiya chernozema* (Agrobiogeochemistry of chernozem), Maykop: OAO "Poligraf-Yug", 2018, 308 p.

27. Yakusheva T.G., Maslova I.Ya., Aktual'naya kislotsnost' pochv pri

parovanii i vyrashchivanii rastenii (Actual soil acidity during fallowing and growing plants), *Plodorodie*, 2009, No. 5 (50), pp. 46–48.

28. Chaudhari S.K., Biswas P.P., Kapil H., Soil health and fertility, *Soils of India, World Soils Book Series Springer, Cham*, 2020, pp. 215–231, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-31082-0_11.

29. Estrada-Herrera I.R., Hidalgo-Moreno C., Guzman-Plazola R., Suarez J.J., Navarro-Garza H., Etchevers J.D., Soil quality indicators to evaluate soil fertility, *Agrociencia*, 2017, Vol. 51, No. 8, pp. 813–831.