

УДК 631.41:631.445.41:631.51:631.81:631.582(470.32)

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ И ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ ЦЧР

© 2023 г. О. А. Минакова<sup>1</sup>, Д. С. Мерзликина<sup>1</sup>, П. А. Косякин<sup>1,\*</sup>,  
Е. Н. Манаенкова<sup>1</sup>, О. К. Боронтов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова  
396030 Воронежская обл., Рамонский р-н, пос. ВНИИСС, 86, Россия

\*E-mail: kosiakinp@mail.ru

Поступила в редакцию 02.10.2022 г.

После доработки 14.01.2023 г.

Принята к публикации 15.01.2023 г.

В зоне неустойчивого увлажнения ЦЧР в 1985–2021 гг. в паровом звене плодосменного 9-польного севооборота изучено влияние отвальной, безотвальной и комбинированной обработок почвы на не-удобренном и удобренном (N59P59K59 + навоз 11 т/га севооборотной площади) фонах. Цель работы – изучить влияние систем основной обработки почвы и удобрений на физико-химические свойства почвы за 4 ротации. Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый среднемошный с содержанием гумуса в пахотном слое 5.3–5.6%, со средней обеспеченностью питательными веществами и оптимальными физическими свойствами. За первые 2 ротации произошло снижение показателя рН<sub>KCl</sub> на 0.04–0.46 ед. относительно исходного. В 4-й ротации актуальная кислотность составила 6.06–6.18 ед. Минимальные изменения кислотности были отмечены при комбинированной обработке почвы. В 4-й ротации при комбинированной обработке почвы сумма поглощенных оснований увеличивалась в наибольшей степени (на 10–12%). Физико-химические свойства в посевах озимой пшеницы были более благоприятными, чем в посевах сахарной свеклы. Буферность почвы в 4-й ротации имела тенденцию к увеличению по сравнению со 2-й ротацией. Разноглубинная отвальная обработка увеличивала буферность чернозема.

*Ключевые слова:* чернозем выщелоченный, обработка почвы, удобрения, физико-химические свойства почвы.

DOI: 10.31857/S0002188123040087, EDN: DIMWUQ

### ВВЕДЕНИЕ

Переход на ресурсосберегающие, почвозащитные технологии возделывания сельскохозяйственных культур – одно из основных направлений совершенствования систем земледелия. Анализ факторов влияния показал, что обработка почвы и удобрения имеют ведущее значение в приемах регулирования и воспроизводства плодородия почвы [1]. Установлено, что при возделывании сахарной свеклы ее урожайность на 51% зависела от погодных условий в августе и сентябре. Содержание питательных веществ в почве при увеличении увлажнения увеличивалось в 2 и более раза, а урожайность – с 24.9 до 41.2 ц/га [2]. Эффективность их применения определяется совокупным положительным влиянием на свойства почвы в севообороте, а периодическое сочетание отвальной обработки почвы с безотвальным рыхлением обеспечивает создание оптимального па-

хотного слоя почвы, благоприятного для большинства возделываемых сельскохозяйственных культур [3–5].

Минеральные удобрения являются эффективным способом повышения урожайности сельскохозяйственных культур, однако они оказывают существенное влияние на гумусовое состояние, питательный режим, биологическую активность и, как следствие, физико-химические свойства почвы [5–7].

Изменение физико-химических и питательных свойств почвы происходит в том числе и при сельскохозяйственном использовании почвы, выпадении кислотных дождей. Известкование кислых почв способно вернуть почве ее оптимальную реакцию [8–10].

Важную роль в формировании оптимальных свойств почвы играет способ ее обработки [11–13]. Исследователями отмечено снижение буфер-

ности чернозема при экстенсивных методах производства зерна [14, 15]. Установлено, что глубокая отвальная обработка почвы значительно улучшает физико-химические свойства как черноземов, так и серой лесной почвы [16, 17]. Интенсивнее это происходит при применении ярусной вспашки [18]. Исследования, проведенные в стационарных опытах, доказали, что минимизация обработки почвы приводит к снижению буферности почв [19]. Однако некоторые исследования свидетельствуют о равнозначном влиянии различных обработок почвы на ее физико-химические свойства [20, 21]. Недостаточность и противоречивость информации о влиянии обработок почвы на ее свойства выдвигает необходимость поиска оптимизации агротехники возделывания культур в ЦЧР. Цель работы – изучение некоторых физико-химических свойств чернозема выщелоченного при различной обработке почвы и применении удобрений в севообороте ЦЧР.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в паровом звене 9-польного плодосменного севооборота со следующим чередованием культур: черный пар, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень с подсевом клевера, клевер на 1 укос, озимая пшеница, сахарная свекла, однолетние травы, кукуруза на зеленый корм.

Схема обработки почвы:

А – контроль, разноглубинная отвальная обработка под все культуры севооборота: под зерновые культуры и травы – на глубину 20–22 см, под черный пар и кукурузу – на 25–27 см, под сахарную свеклу – улучшенная зябь (дисковое лущение на глубину 8–10 см, лемешное или плоскорезное лущение – на 12–14 см и вспашка на 30–32 см);

Г – безотвальная (плоскорезная) обработка под все культуры: под черный пар и кукурузу – на глубину 25–27 см, под зерновые культуры и травы – на 20–22 см, под сахарную свеклу – по схеме улучшенной зяби на 30–32 см;

Д – комбинированная обработка: безотвальная (плоскорезная) под озимую пшеницу после клевера на 14–16 см, под ячмень и однолетние травы – на 20–22 см, отвальная обработка под черный пар и кукурузу – на 25–27 см, под сахарную свеклу – на 30–32 см по схеме улучшенной зяби.

Удобрения вносили под основную обработку почвы по схеме:

1 – контроль без удобрений, 2 – ежегодно навоз 50 т/га в черном пару и навоз 50 т/га под сахарную свеклу в звене с клевером. Минеральные удобрения: под озимую пшеницу в звене с кле-

ром N60P60K60, под сахарную свеклу в звене с черным паром – N160P160K160, в звене с клевером – N150P150K150, под ячмень – N40P40K40, под однолетние травы и клевер – N20P20K20, под кукурузу – N80P80K80. Всего было внесено 11 т навоза и N59P59K59 на 1 га севооборотной площади. В качестве минерального удобрения вносили нитроаммофоску (16 : 16 : 16).

Почва – чернозем выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый, с содержанием гумуса в пахотном слое 5.3–5.6%, со средним уровнем обеспеченности NPK и оптимальными агрофизическими свойствами [5]. Опыт стационарный многофакторный (год закладки – 1985). Размер делянки для обработки почвы составил 121 м<sup>2</sup>, для внесения удобрений – 112 м<sup>2</sup>, учетной – 20 м<sup>2</sup>. Повторность трехкратная, размещение делянок – методом расщепленных блоков.

Количество осадков за вегетационные периоды 1985–1986 гг. составило 300 мм, ГТК – 1.2, за 2006–2008 гг. – 287 мм и 1.0, за 2019–2021 гг. – 186 мм и 0.7 соответственно.

Полевые и лабораторные исследования выполнены в соответствии с методическими рекомендациями в длительных полевых стационарных опытах.

В опыте использовали: плуг общего назначения ПН-4-35 и оборотный плуг ПНО-3-35 (с 2019 г.), плоскорез КППГ-250, дисковый лушитель ЛДГ-10 и дисковую борону БДТ-3 и БД-3,2-2 (с 2019 г.), разбрасыватели минеральных удобрений МВУ-5, РУМ-500 (с 2015 г.), при этом за годы проведения опыта технология обработки почвы существенно не претерпела изменений.

В опыте возделывали районированные сорта и гибриды: в 2006–2008 гг. – озимую пшеницу сорта Безостая 360, сахарную свеклу гибрид РМС 73, в 2019–2021 гг. – сорт Крастал и гибрид РМС 121 соответственно.

В почвенных образцах определяли: рН – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-91), сумму поглощенных оснований – по Каппену–Гильковицу (ГОСТ 27821-88), степень насыщенности почвы основаниями и емкость поглощения – расчетным методом [22]. Статистическая обработка данных проведена по [23].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Перед закладкой опыта на старопахотном поле были проведены уравнительные посеы. Почва характеризовалась среднекислой реакцией среды. Величина рН<sub>H<sub>2</sub>O</sub> составила в пахотном слое почвы 5.65 ед., гидролитической кислотности –

5.56 ммоль-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 24.2 ммоль-экв/100 г почвы, степень насыщения – 81% (табл. 1). После 3-х ротаций севооборота в 2006–2008 гг. во всех вариантах произошло подкисление почвы. Величина  $pH_{H_2O}$  составила в пахотном слое 5.52–5.60,  $pH_{KCl}$  – 4.55–4.81. Особенно сильно подкисление проявилось при безотвальной обработке почвы, где показатель без удобрений составил 4.69 ед., с их применением – 4.55. Кислотность подпахотного слоя была близка к нейтральной и составила 5.65–5.71 ед. Внесение удобрений привело к еще большему подкислению. При разноглубинной отвальной обработке без удобрений  $pH_{KCl}$  составил в слое 0–30 см – 4.74, в слое 30–50 см – 4.91. При применении удобрений показатель был равен 4.64 и 4.73 соответственно. Обменная кислотность в пахотном слое составляла 4.55–4.81, в подпахотном – 4.69–5.02. Различия между показателями были несущественными.

Комбинированная обработка почвы в большей степени, чем безотвальная и разноглубинная отвальная, стабилизировала кислотность почвы. Например, гидролитическая кислотность составляла при закладке опыта в пахотном слое 5.56 и 4.89 ммоль-экв/100 г почвы – в подпахотном. За первые ротации она увеличивалась на 0.2–2.7 ммоль-экв/100 г почвы, особенно в отсутствии удобрений. В пахотном слое увеличение показателя было особенно выражено при безотвальной обработке почвы с внесением удобрений – до 7.87 ммоль-экв/100 г почвы.

Примененные агротехнические приемы в севообороте также влияли на величины суммы поглощенных оснований и степени насыщенности почвы основаниями. В подпахотном слое почвы происходила потеря поглощенных оснований с 27.9 до 24.7 ммоль-экв/100 г почвы и стабилизация суммы поглощенных оснований в пахотном слое почвы. Наиболее высокая величина данного показателя была отмечена в варианте с разноглубинной отвальной обработкой без применения удобрений, низкая – с безотвальной обработкой и внесением удобрений.

Снижение суммы поглощенных оснований и возрастание гидролитической кислотности сдвинули показатели в сторону подкисления. Степень насыщенности почвы основаниями в пахотном слое увеличивалась на 1–3% по сравнению с исходными показателями и составила в 2006–2008 гг. 76–83%. В подпахотном слое, напротив, произошло снижение показателя с 85 до 81–83%.

Подкисление пахотного слоя при безотвальной обработке почвы происходит как в связи с возрастанием содержания углекислого газа в составе почвенного воздуха, так и с увеличением

количества кислых продуктов трансформации растительных остатков, метаболизма микроорганизмов в верхнем, аэрируемом слое почвы [24, 25]. Удобрения при такой обработке перемешиваются в меньшем объеме почвы. Напротив, перемешивание большего объема почвы (вспашка при отвальной разноглубинной и комбинированной обработках) снижает кислотность и улучшает ее физико-химические свойства. При отвальной разноглубинной и комбинированной обработках почвы происходило увеличение содержания валового гумуса на 0.02–0.09% и его активных форм в 1.1–1.4 раза, что также является фактором улучшения физико-химических свойств почвы [26]. Изменения кислотно-основных свойств чернозема связаны с заменой иона кальция ионом водорода в почвенном поглощающем комплексе вследствие поглощения сахарной свеклой ионов  $Ca^{2+}$ , применением физиологически кислых удобрений, выпадения кислотных дождей [11, 27]. Комбинированная обработка в большей степени, чем безотвальная сдерживала снижение суммы обменных катионов.

Исследования, проведенные в 4-й ротации севооборота, показали изменение направленности кислотно-восстановительных процессов в почве. Величина  $pH_{KCl}$  под посевами сахарной свеклы составила в пахотном слое 4.88–4.93, в подпахотном – 4.93–4.98 ед., озимой пшеницы – 4.83–5.15 и 4.89–5.38 соответственно, что свидетельствовало о положительном влиянии севооборота и отвальной разноглубинной обработки почвы. Гидролитическая кислотность в почве под посевами сахарной свеклы в пахотном слое понижалась на 9–30% без удобрений, и на 23–36% при их применении по сравнению с ее величиной во 2-й ротации севооборота и составила 4.94–5.50 ммоль-экв/100 г почвы. Более низкие показатели отмечены при разноглубинной отвальной обработке с применением удобрений, более высокие – при безотвальной обработке.

Под посевами озимой пшеницы при применении удобрений гидролитическая кислотность увеличивалась в большей степени, чем при возделывании сахарной свеклы, особенно при безотвальной обработке, где в слое 0–30 см она составила 7.05 ммоль-экв/100 г почвы.

Сумма поглощенных оснований увеличивалась от 3-й ротации к 4-й. Под посевами сахарной свеклы в 2006–2008 гг. при безотвальной обработке с внесением удобрений она составляла 24.6 ммоль-экв/100 г почвы, в последующем в 2019–2021 гг. – 26.8 ммоль-экв/100 г почвы. Сумма поглощенных оснований в почве под посевами озимой пшеницы была ненамного больше, чем под посевами сахарной свеклы (24.5–27.2 ммоль-экв/100 г почвы). Подтверждено, что

**Таблица 1.** Влияние систем обработки почвы и удобрений на физико-химические свойства чернозема выщелоченного

Система		Слой почвы, см	рН <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	рН <sub>KCl</sub>	H <sub>г</sub>	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	Емкость поглощения	Степень насыщенности основаниями, %
обработки	удобрения							
1985–1986 гг.								
Закладка опыта		0–30	5.65	5.01	5.56	24.2	29.8	81
		30–50	5.75	5.06	4.89	27.9	32.8	85
2006–2008 гг., сахарная свекла								
А	0	0–30	5.59	4.74	5.91	26.9	32.8	82
		30–50	5.70	4.91	5.06	24.7	29.8	83
	NPK	0–30	5.52	4.64	6.62	24.7	31.3	79
		30–50	5.68	4.73	4.99	25.1	30.1	83
Г	0	0–30	5.61	4.69	6.68	25.8	32.5	79
		30–50	5.65	4.87	5.05	24.8	29.8	83
	NPK	0–30	5.52	4.55	7.87	24.7	32.6	76
		30–50	5.65	4.84	5.49	24.6	30.1	81
Д	0	0–30	5.52	4.81	7.21	25.0	32.2	78
		30–50	5.71	4.69	5.07	24.5	29.6	83
	NPK	0–30	5.00	4.74	7.46	24.7	32.2	77
		30–50	5.65	5.02	5.08	24.5	29.6	83
2019–2021 гг., сахарная свекла								
А	0	0–30	6.13	4.93	5.38	24.4	29.3	83
		30–50	6.10	4.93	5.12	26.8	31.7	85
	NPK	0–30	6.00	4.93	5.08	24.8	29.7	84
		30–50	6.12	4.98	4.94	25.6	30.6	84
Г	0	0–30	6.06	4.88	5.58	26.4	31.3	84
		30–50	6.09	4.95	5.50	25.6	30.6	84
	NPK	0–30	6.08	4.91	5.05	24.2	29.1	83
		30–50	6.11	4.95	5.34	26.3	31.3	84
Д	0	0–30	6.18	4.93	5.04	26.8	31.7	84
		30–50	6.15	4.97	5.25	25.2	30.5	83
	NPK	0–30	6.10	4.93	5.49	25.9	30.8	84
		30–50	6.10	4.94	5.50	25.4	30.3	84
2019–2021 гг., озимая пшеница								
А	0	0–30	6.05	5.15	5.38	26.6	32.0	83
		30–50	6.17	5.12	5.02	27.2	32.0	85
	NPK	0–30	6.05	4.83	6.53	24.6	31.1	79
		30–50	6.00	4.85	6.18	25.6	31.8	80

Таблица 1. Окончание

Система		Слой почвы, см	рН <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	рН <sub>KCl</sub>	H <sub>r</sub>	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	Емкость поглощения	Степень насыщенности основаниями, %
обработки	удобрения							
Г	0	0–30	6.03	4.89	6.46	25.4	31.9	79
		30–50	6.04	5.12	6.71	26.2	30.9	85
	NPK	0–30	6.54	4.83	7.05	24.5	30.5	77
		30–50	6.00	4.91	5.49	25.2	30.7	82
Д	0	0–30	6.01	4.92	6.25	25.2	31.5	80
		30–50	6.10	5.10	4.68	26.5	31.7	83
	NPK	0–30	6.06	4.88	6.85	24.6	31.5	78
		30–50	6.19	5.38	4.88	26.2	31.1	84
<i>HCP</i> <sub>05</sub> обработки			0.20	0.24	0.54	1.4	1.5	2
<i>HCP</i> <sub>05</sub> удобрения			0.28	0.35	0.60	1.5	1.9	3
<i>HCP</i> <sub>05</sub> слой почвы			0.04	0.05	0.07	0.4	0.6	3

Примечание. Схема обработки почвы: А – контроль, разноглубинная отвальная обработка под все культуры севооборота: под зерновые культуры и травы – на глубину 20–22 см, под черный пар и кукурузу – на 25–27 см, под сахарную свеклу – улучшенная зябь (дисковое лушение на глубину 8–10 см, лемешное или плоскорезное лушение – на 12–14 см и вспашка на 30–32 см); Г – безотвальная (плоскорезная) обработка под все культуры: под черный пар и кукурузу – на глубину 25–27 см, под зерновые культуры и травы – на 20–22 см, под сахарную свеклу – по схеме улучшенной зяби на 30–32 см; Д – комбинированная обработка: безотвальная (плоскорезная) под озимую пшеницу после клевера на 14–16 см, под ячмень и однолетние травы – на 20–22 см, отвальная обработка под черный пар и кукурузу – на 25–27 см, под сахарную свеклу – на 30–32 см по схеме улучшенной зяби. То же в табл. 2, 3.

разноглубинная отвальная обработка почвы больше, чем другие обработки, способствовала сохранению содержания оснований в почвенном поглощающем комплексе.

Емкость поглощения оснований составила в пахотном слое под посевами сахарной свеклы 29.1–31.7, под посевами озимой пшеницы – 30.5–32.0 ммоль-экв/100 г почвы, что свидетельствовало о незначительном влиянии агротехники возделывания культур на этот показатель.

Степень насыщенности основаниями в пахотном слое под посевами озимой пшеницы варьировала от 77 до 83, в подпахотном слое – от 80 до 85%. Под посевами сахарной свеклы данный показатель более стабилен: в пахотном слое он увеличивался и составил 83–84, в подпахотном – 83–85%. Значительные показатели насыщенности почвы основаниями были характерны для отвальной обработки почвы в контроле.

За годы исследования произошло изменение буферности чернозема. При закладке опыта кривая буферности имела пологий вид в кислотном интервале и более резкая – в щелочном. Например, при добавлении 12 мл 0.1 н. HCl рН почвы составил 3.28 ед., при добавлении 12 мл 0.1 н. NaOH – 9.62 ед. (табл. 2).

В 2006–2008 гг. отмечено снижение величины рН как в кислотном интервале (при добавлении 12 мл 0.1 н. HCl до 3.06 ед.), так и в щелочном (до 9.28 ед.). Самой низкой буферностью характеризовалась почва при безотвальной обработке без удобрений, где при добавлении щелочи величины рН были максимальными.

При применении удобрений буферность почвы снижалась при всех обработках почвы. Более резкое снижение отмечено при безотвальной обработке, а большая буферность почвы была при разноглубинной отвальной обработке. В 2019–2020 гг. установлено увеличение величины рН в кислотном интервале и его снижение в щелочном интервале по сравнению с предыдущим сроком определения. Например, при разноглубинной отвальной обработке и применении удобрений величина рН в кислотном интервале составила в 2006–2008 гг. 3.06, 3.75 и 4.34 ед., в 2019–2020 гг. – 3.10, 3.78 и 4.38 ед. соответственно.

Урожайность озимой пшеницы во 2-й ротации составила 2.8–3.7 т/га, в 4-й – 3.5–4.4 т/га (табл. 3). Более высокая урожайность была при разноглубинной отвальной и комбинированной обработках почвы с внесением удобрений, постоянная безотвальная обработка снижала урожайность в

**Таблица 2.** Буферность пахотного (0–30 см) слоя чернозема выщелоченного при различной обработке под посевами сахарной свеклы, ед. рН

Система		Добавлено 0.1 н. кислоты/щелочи, мл						
обработки	удобрения	12	6	3	0	3	6	12
1985–1986 гг.								
Закладка опыта		3.28	4.07	4.69	5.89	7.26	8.65	9.62
Песок		1.90	2.70	3.90	8.40	11.0	12.2	12.9
2006–2008 гг.								
А	0	3.00	3.82	4.40	5.52	6.92	7.80	9.00
	НПК	3.06	3.75	4.34	5.46	6.78	7.62	8.83
Г	0	3.16	3.89	4.47	5.87	7.04	8.01	9.28
	НПК	3.10	3.83	4.38	5.70	7.02	7.68	8.94
Д	0	3.13	3.87	4.44	5.68	7.03	7.93	9.25
	НПК	3.10	3.86	4.46	5.66	7.02	7.86	9.00
2019–2020 гг.								
А	0	3.12	3.90	4.42	5.60	7.00	7.71	8.91
	НПК	3.10	3.78	4.38	5.50	6.61	7.59	8.65
Г	0	3.14	3.90	4.46	5.79	6.98	7.91	9.38
	НПК	3.12	3.81	4.44	5.71	6.91	7.69	8.94
Д	0	3.14	3.88	4.51	5.71	7.08	7.84	9.00
	НПК	3.10	3.84	4.45	5.57	6.70	7.71	8.80

**Таблица 3.** Урожайность озимой пшеницы и сахарной свеклы в зависимости от обработки почвы и удобрений, т/га

Система		Озимая пшеница		Сахарная свекла	
обработки	удобрения	2006–2008 гг.	2019–2021 гг.	2006–2008 гг.	2019–2021 гг.
А	0	3.0	3.5	31.3	32.2
	НПК	3.7	4.4	42.1	37.0
Г	0	2.6	3.5	25.3	24.9
	НПК	3.5	4.2	38.7	33.2
Д	0	2.8	3.8	30.2	27.8
	НПК	3.6	4.3	42.3	40.0
<i>HCP</i> <sub>05</sub> обработки		0.2	0.3	2.5	2.8
<i>HCP</i> <sub>05</sub> удобрения		0.5	0.5	3.6	3.7

контроле на 7–14, в удобренных вариантах – на 3–5%. Урожайность озимой пшеницы в 2019–2021 гг. была больше на 24%, чем в 2006–2008 гг., ввиду большего количества осадков за первую половину вегетации, что доказывало их значительное влияние и было отмечено другими исследователями [28].

Урожайность сахарной свеклы в опыте варьировала от 24.9 до 42.3 т/га. Более высокая урожайность отмечена при комбинированной обработке почвы с внесением удобрений – 40.0–42.3 т/га, безотвальная обработка без применения удобрений снижала урожайность культуры на 16–23, с их применением – на 8–13%. Уменьшение количества выпавших осадков в 2019–2021 гг. снижало

продуктивность сахарной свеклы в среднем на 8%. На урожайность сахарной свеклы и озимой пшеницы в большей степени оказывали влияние применение удобрений, обработки почвы, погодные условия, но незначительно – сортовые особенности [2].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системы обработки почвы изменили физико-химические свойства чернозема выщелоченного к 4-й ротации 9-польного севооборота относительно исходных показателей. В пахотном слое актуальная кислотность составила 6.00–6.18, против 5.65 ед. при закладке опыта, гидролитическая

кислотность — 5.04–7.05 и 5.56 ммоль-экв/100 г, сумма поглощенных оснований — 29.0–32.0 и 24.2 ммоль-экв/100 г соответственно. В 4-й ротации актуальная и обменная кислотность снижались на 0.28–0.48 ед. по сравнению со 2-й ротацией, а гидролитическая кислотность — на 1.00–1.82 ммоль-экв/100 г почвы.

Разноглубинная отвальная основная обработка почвы в большей степени оптимизировала физико-химические свойства чернозема выщелоченного, тогда как безотвальная обработка ухудшала их. Применение удобрений привело к увеличению кислотности и снижению содержания суммы оснований.

Буферность почвы в 4-й ротации увеличилась по сравнению с 3-й ротацией. Разноглубинная отвальная основная обработка почвы и применение удобрений увеличивали буферность сильнее, чем безотвальная и комбинированная обработки почвы.

При возделывании озимой пшеницы гидролитическая кислотность почвы увеличивалась по сравнению с возделыванием сахарной свеклы на 6–12%, тогда как величина суммы поглощенных оснований не изменялась. Емкость поглощения составила 30.5–32.0, а при возделывании сахарной свеклы — 29.1–31.7 ммоль-экв/100 г почвы.

Наибольшая урожайность озимой пшеницы составила 4.4 т/га при разноглубинной отвальной обработке почвы, сахарной свеклы — 42.1–42.3 т/га при разноглубинной отвальной и комбинированной обработках почвы.

Для сохранения и улучшения физико-химических свойств чернозема выщелоченного, увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур в севообороте ЦЧР следует применять комбинированную систему основной обработки почвы, состоящую из отвальной обработки черного пара и под кукурузу на глубину 25–27 см, под сахарную свеклу — на глубину 30–32 см по схеме улучшенной зяби, под зерновые культуры и травы (озимую пшеницу после непаровых предшественников и однолетних трав) — плоскорезное рыхление на глубину 14–16 см, под ячмень после сахарной свеклы — на глубину 20–22 см.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Витер А.Ф., Турусов В.И., Гармашов В.М., Гаврилова С.А. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия. Воронеж: Истоки, 2011. 208 с.
2. Минакова О.А., Боронтов О.К., Косякин П.А., Александрова Л.В., Манаенкова Е.Н., Подвигина Т.Н. Влияние погодных условий на эффективность
- удобрений и обработки почвы в зерносвекловичном севообороте в условиях ЦЧР. Воронеж: Воронеж. ЦНТИ — филиал РЭА Минэнерго России, 2018. 138 с.
3. Зезюков Н.И., Дедов А.В., Девятова Т.А. Снижение почвенной кислотности черноземных почв // Проблемы экологии в сельском хозяйстве. Тез. докл. научн. конф. Пенза: Приволж. дом научн.-техн. пропаганды. 1993. С. 74–75.
4. Азизов З.М. Изменение физико-химических свойств чернозема южного от приемов основной обработки и удобрений // Плодородие. 2011. № 6 (63). С. 23–25.
5. Боронтов О.К., Косякин П.А., Манаенкова Е.Н. Влияние основной обработки и удобрений на питательный режим и физические свойства почвы при возделывании сахарной свеклы // Земледелие. 2019. № 2. С. 33–35.
6. Минакова О.А., Александрова Л.В., Подвигина Т.Н. Изменение физико-химических свойств чернозема выщелоченного и урожайность сахарной свеклы при длительном применении удобрений в ЦЧР // Агрохимия. 2021. № 2. С. 37–46.
7. Косякин П.А. Роль микроудобрений в хелатной форме в повышении урожайности сахарной свеклы в плодосменном севообороте ЦЧР // АгроФорум. 2019. № 5. С. 55–57.
8. Ибадуллаев К.Б., Горохова Ж.Ю., Куликова М.А., Ступаков А.Г. Динамика агрохимических и физических свойств почвы при длительном применении удобрений и урожайность культур // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сб. докл. научн.-практ. конф. Курск. отд-я МОО «Общ-во почвоведов им. В.В. Докучаева». Курск, 2013. С. 72–77.
9. Журавлев Д.Ю., Пронько В.В., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф. Изменение физико-химических свойств черноземных почв Саратовского правобережья в процессе их использования // Сб. научн. докл. Международ. научн.-практ. конф. Каменная Степь, 2012. С. 311–314.
10. Жеряков Е.В. Регулирование физико-химических свойств черноземных почв // Агрохимические приемы повышения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтном земледелии. Мат-лы научн.й конф. М.: ВНИИА, 2006. № 2. С. 33–35.
11. Минеев В.Г. Агрохимия. Учебник, 2-е изд. Перераб. и допол. М.: Колос, 2004. 720 с.
12. Соловйченко В.Д., Самыкин В.Н., Логвинов И.В. Влияние агроприемов на изменение кислотности и биологической активности чернозема // Биологизация адаптивно-ландшафтной системы земледелия — основа повышения плодородия почвы, роста продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранения окружающей среды. Мат-лы Всерос. научн.-практ. конф. БелНИИСХ, 12–13 июня 2012 г. С. 272–275.
13. Hendrix P.F., Han C.R., Groffman P.M. Soil respiration in conventional and no-tillage agroecosystems under different winter cover crop rotations // Soil Till. Res. 1988. V. 12. P. 135–148.

14. Уваров Г.И., Карабутов А.П., Боровская Я.Ю. Приемы регулирования кислотности чернозема в севообороте // Сахарная свекла. 2011. № 4. С. 26–28.
15. Dewan H.C., Rich C.I. Titration of acid soils// Soil Sci. Soc. Am. J. 1970. V. 34. № 1. P. 38–44.
16. Шеуджен А.Х., Нецадим Н.Н., Гайдукова Н.Г., Шабанова И.В. Влияние природных и антропогенных факторов на физико-химические свойства чернозема выщелоченного и его загрязнение тяжелыми металлами // Агрохимия. 2019. № 1. С. 19–28.
17. Никульников И.М., Боронтов О.К. Физико-химические свойства чернозема и продуктивность культур в системах основной обработки почвы в севообороте // Докл. РАСХН. 2009. № 2. С. 32–34.
18. Габбасова И.М., Назырова Ф.И., Хакимова Г.И. Влияние основной обработки почвы и удобрений в семипольном севообороте на физико-химические свойства серой лесной почвы // Агрохимия. 2007. № 10. С. 24–31.
19. Ильясов М.М., Яппаров А.Х., Алиев Ш.А., Шаронова Н.Л. Влияние минимализации основной обработки почвы на физико-химические свойства выщелоченного чернозема // Агротех. вестн. 2015. № 6. С. 2–5.
20. Гармашов В.М., Турусов В.И., Гаврилова С.А. Изменение свойств чернозема обыкновенного при различных способах основной обработки // Земледелие. 2014. № 6. С. 17–19.
21. Пуртова Л.Н., Емельянов А.Н. Показатели физико-химических свойств и биологической активности агрогенных почв при различных приемах агротехнической обработки // Международ. научн.-исслед. журн. 2019. № 8 (86). С. 51–56.
22. Физико-химические методы исследования почв / Под ред. Н.Г. Зырина, Д.С. Орлова. М.: Изд-во МГУ, 1980. 381 с.
23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
24. Стахурлова Л.Д., Свистова И.Д., Щеглов Д.И. Биологическая активность как индикатор плодородия черноземов в различных биоценозах // Почвоведение. 2007. № 6. С. 769–774.
25. Окороков В.В., Окорокова Л.А., Фенова О.А. Изменения физико-химических свойств серых лесных почв Ополья при длительном применении удобрений // Докл. РАСХН. 2015. № 3. С. 34–38.
26. Боронтов О.К., Косякин П.А., Безлер Н.В., Манаenkova Е.Н. Влияние основной обработки почвы на микробиологическую активность, питательный режим чернозема выщелоченного и продуктивность сахарной свеклы в Центрально-Черноземном регионе // Земледелие. 2022. № 2. С. 44–49.
27. Мацнев И.Н. Изменение уровня гумусированности и кислотности почвы Тамбовской области // Вестн. Мичурин. ГАУ. 2006. № 1. С. 79–81.
28. Черкасов Г.Н., Соколов Н.С., Воронин А.Н., Понедельченко М.Н., Трапезников С.В. Влияние агрометеорологических характеристик и удобрений на содержание подвижных элементов питания в почве и урожайность озимой пшеницы в ЦЧР России // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия: сб. докл. Международ. научн.-практ. конф. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2008. С. 395–401.

## Physical and Chemical Properties of Leached Chernozem under Different Soil Treatment and Fertilizer Application in Cropped Rotation Central Black Earth Region

O. A. Minakova<sup>a</sup>, D. S. Merzlikina<sup>a</sup>, P. A. Kosyakin<sup>a,#</sup>,  
E. N. Manaenkova<sup>a</sup>, and O. K. Borontov<sup>a</sup>

<sup>a</sup>A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute for Sugar Beet and Sugar  
VNIISS 86, Voronezh region 396030, Russia

<sup>#</sup>E-mail: kosyakinp@mail.ru

In the zone of unstable humidification of the Central Black Earth Region in 1985–2021, in the steam link of the fruit-replaceable 9-pole crop rotation, the influence of dump, dumpless and combined soil treatments on non-ventilated and fertilized (N59P59K59 + manure 11 t/ha of crop rotation area) backgrounds was studied. The purpose of the work is to study the influence of basic tillage and fertilizer systems on the physico-chemical properties of the soil in 4 rotations. The soil is leached heavy loamy medium-sized chernozem with a humus content of 5.3–5.6% in the arable layer, with an average supply of nutrients and optimal physical properties. During the first 2 rotations, the pH<sub>KCl</sub> indicator decreased by 0.04–0.46 units relative to the initial one. In the 4<sup>th</sup> rotation, the actual acidity was 6.06–6.18 units. Minimal changes in acidity were noted during combined tillage. In the 4<sup>th</sup> rotation, with combined tillage, the amount of absorbed bases increased to the greatest extent (by 10–12%). Physico-chemical properties in winter wheat crops were more favorable than in sugar beet crops. Soil buffering in the 4<sup>th</sup> rotation tended to increase compared to the 2<sup>nd</sup> rotation. The multi-depth dump treatment increased the buffering of the chernozem.

*Key words:* leached chernozem, tillage, fertilizers, physico-chemical properties of the soil.