

УДК 631.445.4:633.111.1«324»:631.51:631.8

## КИСЛОТНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗНЫХ ПРИЁМАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ

Азизов З.М.

*ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока»,  
Саратов, e-mail: azizowzakiulla@yandex.ru*

В полевом стационарном длительном опыте проанализированы изменения физико-химических свойств чернозема южного, в том числе его кислотность, под влиянием приемов обработки почвы и удобрений. Выявлено, что от систематического внесения навоза и минеральных удобрений и глубокой их заделки в варианте с отвальной системой обработки произошло подщелачивание по всем слоям почвы. Реакция почвенного раствора слоёв почвы в 0–40 см профиле по величине рН солевой суспензии сместилась ближе к нейтральной и была примерно одинакова с участком пашни 1983 г. При поверхностном внесении удобрений в варианте с плоскорезной обработкой данный показатель слоёв почвы в 0–30 см профиле сохранился на уровне варианта без внесения удобрений, а в слоях 30–40, 40–50, 50–60 см сдвинулся в сторону подкисления, особенно сильно (на существенную величину) в первых двух слоях 30–40 и 40–50 см. Полученные данные о наличии карбонатов и связанная с этим более высокая кислотность в слое 40–50 см говорят о том, что гумусный горизонт заканчивается в этом слое при плоскорезной обработке с внесением и без внесения удобрений и в слое 50–60 см залежи при вспашке с внесением и без внесения удобрений. Повышение кислотности в данных слоях почвы по приёмам обработки сказывается на увеличении фосфатов III группы и ослаблении нитрификационной способности почвы. Установлено, что в условиях континентального климата Поволжья и развития дернового травянистого растительного покрова с дерново-степным типом почвообразования приемы основной обработки почвы и удобрения не ухудшают реакцию почвенного раствора, количество обменного  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  и их сумму в составе ППК по слоям в профиле чернозема южного тяжелосуглинистого. Ежегодная вспашка с внесением удобрений и без внесения и плоскорезная обработка, как на фоне удобрений, так и без фона противодействуют процессу подкисления почвы и способствуют сохранению эффективного плодородия.

**Ключевые слова:** чернозем, реакция  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ , количество обменных  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , вспашка, плоскорезная обработка, урожайность

## THE ACIDITY OF SOUTHERN CHERNOZEM AND YIELD OF WINTER WHEAT UNDER DIFFERENT TILLAGE PRACTICE TYPES OF SOIL AND FERTILIZERS IN CROP ROTATION

Azizov Z.M.

*Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Research Institute of Agriculture  
of South – East», Saratov, e-mail: azizowzakiulla@yandex.ru*

In the field stationary long-term experiment, changes in the physico-chemical properties of Southern Chernozem, including its acidity, were analyzed under the influence of soil and fertilizer tillage practice. It was revealed that because of systematical application of manure, mineral fertilizers and because of their buried dressing when dumping processing system is used, the alkalization takes place at all layers of the soil. The reaction of pH salt suspension of soil solution in soil layers in 0-40 cm profile was shifted closer to neutral and was approximately the same with the plowland of 1983. When surface fertilization takes place under planar processing, the indicator of the soil layers in 0-30 cm profile was remained at the level of the variant without fertilization, and in the layers 30-40, 40-50, 50-60 cm this indicator was shifted toward acidification, especially in the first two layers of 30-40 and 40-50 cm. Obtained data on the presence of carbonates and the associated higher acidity in the layer of 40-50 cm suggests that the humus horizon ends in this layer on the subsurface plowing with application and without application fertilizers and on the old arable land in the layer of 50-60 cm – plowing without fertilizer and with fertilizer. The higher of acidity in these soil layers according to the methods of tillage affects the increase in the phosphates of group III and reducing nitrification capacity of the soil. It is established that in conditions of continental climate of the Volga region and the development of the sod grassland vegetation from sod-steppe type of soil formation of tillage practice types of soil and fertilizers are not detrimental to the reaction of the soil solution, the amount of exchange of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  and their amount in the composition of soil-absorbing complex in layers in the profile of southern Chernozem heavy loam; the annual plowing with application of fertilizer and without the use of fertilizers fertilizer and the subsurface plowing as on the background of fertilizers and without background counteract the acidification of the soil and contribute to the preservation of effective fertility.

**Keywords:** chernozem,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  reaction, amount of exchangeable  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$ , plowing, subsurface plowing, yield

Происходящие в окультуренных почвах изменения их свойств под влиянием приёмов затрагивают обменные основания, а в связи с этим и её кислотность. Любой приём, применяемый длительно на данной почве, изменяет состав и соотношение обменных оснований, находящихся в адсорбированном состоянии на поверхности минеральных и органических частиц и вступающих во взаимодействие с раство-

ром почвы, что в свою очередь определяет её агрегированность, кислотность, ёмкость поглощения, а в конечном итоге обуславливают условия произрастания растений [1–4].

Изучение изменения реакции почвенного раствора, состава и соотношения обменных катионов в условиях длительного использования разных приёмов основной обработки почвы на фоне с органо-минеральными удобрениями и без фона в севообороте представляет большой научный интерес.

### Цель исследования

Выявить воздействие приёмов основной обработки почвы и удобрений при длительном их использовании на эффективное плодородие почвы.

### Задачи исследования

Изучить влияние приемов основной обработки на фоне с органо-минеральными удобрениями и без фона на реакцию почвенного раствора, состав обменных катионов в почвенно-поглощающем комплексе (ППК), элементы питания, урожайность озимой пшеницы.

### Материалы и методы исследования

Наблюдения и исследования ведутся с 1970 г. Стационарный полевой опыт расположен на водоразделе с полого-равнинным типом агроландшафта в системе лесных полос и проведён на чернозёме южном малогумусном среднесиловом тяжелосуглинистом на темно-желтой делювиальной глине с содержанием гумуса в пахотном слое 0–30 см 4,5%. Основные почвообразующие породы – четвертичные покровные суглинки тяжелосуглинистого иловато-пылеватого гранулометрического состава, верхняя часть которых уплотнена, выщелочена, тёмно-бурой окраски, комковато-ореховой структуры. Ниже окраска переходит в палевою, выщелоченность исчезает и появляются включения извести в виде белоглазки. Варианты с приёмами основной обработки почвы на фоне с органо-минеральными удобрениями и без фона в севооборотах не изменялись в течение 45 лет, то есть использовался метод насыщения. Для сравнения изменения показателей физико-химических свойств почвы при сельскохозяйственном использовании и нахождения её в естественных условиях использовались данные отдела земледелия ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» по реакции почвенного раствора, составу обменных катионов в ППК почвы, элементам питания залежи, расположенной вблизи стационарного опыта. Последовательность посева сельскохозяйственных культур и парового поля в севооборотах по годам была следующей: с 1970 г. по 1977 г. в зернопаропропашном 6-польном – пар чёрный, озимая пшеница, яровая пшеница, кукуруза, яровая пшеница, яровая пшеница; с 1978 г. по 1999 г. после замены кукурузы на просо в зернопаровом; с 2000 г. по 2015 г. в зернопаровом 4-польном – пар чёрный, озимая пшеница, просо, яровая пшеница. Схемой опыта предус-

матривалось проведение в севооборотах следующих приёмов:

1) вспашка на глубину 27...30 см ежегодно без удобрений,

2) вспашка на глубину 27...30 см ежегодно с удобрением,

3) ежегодно плоскорезная обработка на глубину 27...30 см с 1970 г. по 1999 г., с 2000 г. и по настоящее время на глубину 14...16 см без удобрений,

4) ежегодно плоскорезная обработка на глубину 27...30 см с 1970 г. по 1999 г., с 2000 г. и по настоящее время на глубину 14...16 см с удобрением.

В качестве органического удобрения использовался навоз крупного рогатого скота с содержанием в 1 т 5 кг N, 2,5–3,0 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 6 кг K<sub>2</sub>O, азотного удобрения – аммиачная селитра, фосфорного – двойной гранулированный суперфосфат, калийного – калийная соль. В 6-польных севооборотах доза минеральных удобрений и норма навоза была следующей: в пару перед проведением приёмов основной обработки почвы соответственно P<sub>90</sub>K<sub>40</sub> кг д.в. и 20 т/га в зернопаропропашном и P<sub>90</sub>K<sub>40</sub> кг д.в. и 30 т/га в зернопаровом, прикорневая подкормка в период весеннего возобновления вегетации озимых N<sub>30</sub>, под кукурузу и просо перед проведением приёмов основной обработки почвы N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub>; в 4-польном зернопаровом – прикорневая подкормка весной озимых N<sub>30</sub>, под просо перед проведением предпосевной культивации N<sub>60</sub>. Высевались сорта с 1970 по 1991, в 1994–1998, 2000–2003 гг. Мироновская 808; в 1985, 1987 гг. Северодонская; в 1992, 1993, 1999, 2004–2012 гг. Саратовская 12-90; в 2013 г. Жемчужина Поволжья; в 2014–2015 гг. Калач 60.

При исследовании содержания обменных катионов Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>, элементов питания и pH солевой суспензии (pH<sub>KCl</sub>) почвы на опытном участке были использованы общепринятые методики [5]. Урожайные данные и физико-химические показатели обрабатывались методом дисперсионного анализа [6].

### Результаты исследования и их обсуждение

Благодаря дисперсности мелкозёма, а отсюда и огромной активной поверхности, чернозём южный тяжелосуглинистый выполняет важнейшую функцию сорбента поступающего в почву тонкодисперсного вещества. Наиболее важным положительным эффектом сорбционной функции почвы является удержание ею обменных оснований и питательных элементов, поступающих от разложения органического вещества и высвобождающихся в ходе выветривания минералов почвообразующей породы. Прочность связывания и подвижность катионов и анионов обусловлены составом и строением сорбирующих коллоидов. Гумусовые вещества обладают гораздо более высокой поглотительной способностью, чем глинистые минералы. Исследуемая почва опытного участка имеет карбонатный горизонт, который достигает нижней границы гумусового горизонта. В составе ППК преобладают обменные катионы кальция и магния, являющиеся генетическим признаком рассматриваемой почвы. В коллоидах преобла-

дает катион кальция, который придаёт почве щёлочность. Если почвенно-поглощающий комплекс насыщен кальцием, то коллоиды коагулируют и при наличии гумусовых веществ почва становится структурной. В ней создаются благоприятные агрофизические свойства. Степень щелочности зависит от количества щелочей и щелочных солей в почве. Некоторую щёлочность почве придаёт известь. В процессе сельскохозяйственного использования под влиянием антропогенного фактора изменяются физико-химические свойства почвы, в том числе затрагивающие поглощенные катионы. Катионы, являясь подвижной частью почвы, легче всего вступают во взаимодействие с её раствором и изменяют свой состав при длительном применении приёмов основной обработки, удобрений и сельскохозяйственных культур (табл. 1–3).

Представленные в табл. 1–3 результаты исследований показали, что многолетнее сельскохозяйственное использование привело к изменениям состава почвенного поглощающего комплекса, охватывая толщину почвенного профиля (гумусово-аккумулятивный и нижележащий горизонты). По сравнению с данными, полученными в 1983 г., в настоящее время количество  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  и их сумма в ППК на обоих фонах удобрённости по вспашке увеличилось по всем слоям 0–60 см профиля почвы, особенно заметно по удобренному фону. По плоскорезной обработке на обоих фонах удобрённости количество  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  и их

сумма в ППК значительно увеличились по всем слоям 0–40 см профиля почвы, менее заметно в слое 40–50 см и остались без изменений в слое 50–60 см. В залежи количество  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  и их сумма в ППК заметно увеличились по всем слоям 0–40 см профиля почвы и остались без изменений в слоях 40–50 и 50–60 см. Увеличение количества  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  и их суммы в ППК на обоих фонах удобренности по вспашке в нижележащих слоях почвы 40–50 и 50–60 см, плоскорезной обработки в 30–40 и 40–50 см по сравнению с их исходным уровнем содержания на пашне 1983 г. дало возможность некоторому росту мощности гумусового слоя и снижению реакции почвенного раствора (табл. 4).

Органо-минеральные удобрения в условиях агроценоза с различной интенсивностью использования оказывают различное воздействие на состав ППК. От внесения удобрений наблюдается в слоях 10–20 и 20–30 см в варианте вспашки, где они заделываются в нижние слои пахотного горизонта и перемешиваются с почвой, повышение на существенную величину  $Ca^{2+}$ , в варианте плоскорезной обработки с поверхностной их заделкой и перемешиванием с верхним слоем почвы в виде тенденции катиона  $Mg^{2+}$ . Что касается суммы  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  в ППК, то от удобрений в слое 10–20 см по варианту вспашки отмечено их увеличение на существенную величину, по варианту плоскорезной обработки – в виде тенденции.

Таблица 1

Количество обменного  $Ca^{2+}$  (мг-экв. / 100 г почвы) по слоям в профиле почвы в зависимости от приемов основной обработки и удобрений

Слой почвы, см (фактор С)	Пашня, 1983 г.	Обработка почвы (фактор А)				Залежь
		вспашка, 27–30 см		плоскорезная, 27–30 см (с 2000 г. на 14–16 см)		
		Фон (фактор В)				
		без удобрений	с удобрением	без удобрений	с удобрением	
Гумусовый	(57,2)	(55,5)	(50,3)	(48,9)	(49,7)	(48,0)
НСР <sub>01</sub> = 1,4*, фактор А = 1,0*, фактор В = 1,0*, фактор АВ = 1,4*, ошибка опыта = 0,7%, X=51,1 ± 0,3. То же самое по гумусовому слою в табл. 2–4						
0–10	21,6	27,2	30,1	30,5	29,4	27,6
10–20	21,7	25,1	30,6	28,5	29,6	27,2
20–30	21,8	26,8	31,2	28,6	25,9	29,0
30–40	22,0	26,8	28,0	30,0	28,5	28,0
40–50	21,7	27,2	27,5	27,3	24,8	22,0
50–60	20,5	28,5	26,8	23,2	22,8	23,8
НСР <sub>01</sub> частных различий средних значений = 4,0*, взаимодействия факторов АВ – НСР <sub>01</sub> = 1,6*, фактора С – НСР <sub>01</sub> = 2,0*, взаимодействия факторов АС – НСР <sub>01</sub> = 2,8*, взаимодействия факторов ВС – НСР <sub>01</sub> = 2,8*, ошибка опыта = 3,84%. X = 27,697 ± 1,064.						
*) Различия существенны на 1%-ном уровне значимости (Fф > Fт). То же самое в табл. 2–4.						

Примечание. В скобках мощность гумусового слоя, см. То же самое в табл. 2–4.

Таблица 2

Количество обменного  $Mg^{2+}$  (мг-экв. / 100 г почвы) по слоям в профиле почвы в зависимости от приемов основной обработки и удобрений

Слой почвы, см (фактор С)	Пашня, 1983 г.	Обработка почвы (фактор А)				Залежь
		вспашка, 27–30 см		плоскорезная, 27–30 см (с 2000 г. на 14–16 см)		
		Фон (фактор В)				
		без удобрений	с удобрением	без удобрений	с удобрением	
Гумусовый	(57,2)	(55,5)	(50,3)	(48,9)	(49,7)	(48,0)
0–10	8,5	9,0	11,3	13,1	10,4	8,5
10–20	8,6	11,6	12,8	13,7	17,3	10,0
20–30	8,8	10,1	8,6	13,2	15,2	7,0
30–40	9,2	10,4	11,9	8,0	11,1	8,0
40–50	9,6	10,5	12,8	8,5	9,2	9,5
50–60	10,0	11,1	11,8	8,0	7,7	8,0

$HCP_{01}$  частных различий средних значений = 5,3\*, фактора В –  $HCP_{01}$  = 1,5\*, фактора С –  $HCP_{01}$  = 2,0\*, взаимодействия факторов АС –  $HCP_{01}$  = 3,7\*, ошибка опыта = 12,71%.  $X = 11,039 \pm 1,403$

Таблица 3

Сумма обменных  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  (мг-экв. / 100 г почвы) по слоям в профиле почвы в зависимости от приемов основной обработки и удобрений

Слой почвы, см (фактор С)	Пашня, 1983 г.	Обработка почвы (фактор А)				Залежь
		вспашка, 27–30 см		плоскорезная, 27–30 см (с 2000 г. на 14–16 см)		
		Фон (фактор В)				
		без удобрений	с удобрением	без удобрений	с удобрением	
Гумусовый	(57,2)	(55,5)	(50,3)	(48,9)	(49,7)	(48,0)
0–10	30,1	36,2	41,4	43,6	39,8	36,1
10–20	30,3	36,7	43,4	42,2	46,9	37,2
20–30	30,6	36,9	39,8	41,8	41,1	36,0
30–40	31,2	37,2	39,9	38,0	39,6	36,0
40–50	31,3	37,7	40,3	35,8	34,0	31,5
50–60	30,5	39,6	38,6	31,2	30,5	31,8

$HCP_{01}$  частных различий средних значений = 6,4\*, фактора В –  $HCP_{01}$  = 1,9\*, взаимодействия факторов АВ –  $HCP_{01}$  = 2,6\*, фактора С –  $HCP_{01}$  = 3,2\*, взаимодействия факторов АС –  $HCP_{01}$  = 4,5\*, ошибка опыта = 4,39%.  $X = 38,844 \pm 1,705$

Сравнивая приёмы основной обработки почвы с залежью, можно видеть, что по вспашке в период её проведения благодаря перемешиванию верхнего более активного в биологическом отношении слоя с нижним менее активным накопление  $Ca^{2+}$  наблюдается в нижних слоях 40–50 и 50–60 см. На фоне удобрений преимущество вспашки над залежью наблюдается по всем слоям 0–60 см профиля почвы за исключением слоя 30–40 см. По плоскорезной обработке перемешивание почвы и удобрений происходит в период подготовки сева возделываемых культур в основном с затрагиванием поверхностных слоёв, поэтому накопление  $Ca^{2+}$  наблюдается в верхних 0–10 и 10–20 см и нижних слоях 30–40 и 40–50 см. От удобрений плоскорезная обработка небольшое преимущество по отношению к залежи имела лишь по сло-

ям 0–10, 10–20 и 40–50 см. По отношению к залежи количество  $Mg^{2+}$  было несколько больше на обоих фонах удобрённости при вспашке по всем слоям 0–60 см профиля почвы, при плоскорезной обработке на фоне без удобрений по слоям 0–30 см и на фоне удобрений по слоям 0–40 см и осталось без изменений соответственно фоновым удобрениям в слоях 30–60 и 40–60 см. Их сумма в ППК на вспашке без удобрений в сравнении с залежью несколько выше в слоях 40–50 и 50–60 см, на фоне удобрений по всем слоям 0–60 см профиля, особенно сильно в слоях 40–50 и 50–60 см. На плоскорезной обработке, как на фоне удобрений, так и без фона, по отношению к залежи сумма обменных катионов в ППК выше в слоях 0–50 см профиля почвы, особенно заметно на фоне удобрений в слое 10–20 см.

Таблица 4

Реакция почвенного раствора ( $pH_{KCl}$ , ед.) по слоям в профиле почвы в зависимости от приемов основной обработки и удобрений

Слой почвы, см (фактор С)	Пашня, 1983 г.	Обработка почвы (фактор А)				Залежь
		вспашка, 27–30 см		плоскорезная, 27–30 см (с 2000 г. на 14–16 см)		
		Фон (фактор В)				
		без удобрений	с удобрением	без удобрений	с удобрением	
Гумусовый	(57,2)	(55,5)	(50,3)	(48,9)	(49,7)	(48,0)
0–10	6,30	5,65	5,99	5,78	5,77	5,70
10–20	6,20	5,62	5,98	5,79	5,70	5,60
20–30	6,20	5,61	5,99	5,88	5,72	5,70
30–40	6,40	5,65	6,15	6,22	5,85	6,20
40–50	6,70	5,79	6,16	7,41	6,95	6,90
50–60	7,20	6,90	7,11	7,53	7,33	7,10

$HSP_{01}$  частных различий средних значений = 0,41\*, фактора А –  $HSP_{01}$  = 0,12\*, взаимодействия факторов АВ –  $HSP_{01}$  = 0,17\*, фактора С –  $HSP_{01}$  = 0,20\*, взаимодействия факторов АС –  $HSP_{01}$  = 0,29\*, ошибка опыта = 1,79%.  $X = 6,19 \pm 0,11$

Причиной изменения состава поглощенных оснований в пахотном слое и в нижележащем горизонте почвенного профиля, отличающегося повышенной сорбционной активностью из-за высокого значения удельной поверхности, является сохранение в течение длительного времени видового состава растительного покрова, характерного для пашни и залежи, и активизация на первом фоне процессов биологического, химического и физического выветривания путем применения приемов основной обработки почвы и удобрений.

Насыщенность почвенно-поглощающего комплекса катионами сказывается через процесс обмена на их концентрацию в почвенном растворе. С уменьшением концентрации почвенного раствора часть катионов поступает в него из ППК, и, наоборот, при увеличении выпадает из раствора, присоединяясь к почвенному комплексу. Почвенный раствор, являясь активной и динамичной частью почвы, связан с питательным её режимом. Микроорганизмы почвы и растения, произрастающие на ней, изменяют состав раствора, извлекая из него питательные элементы и ведя к подкислению или подщелачиванию, то есть к изменению реакции. Реакция в то же время влияет на микробиологические процессы и усвоение растениями элементов питания. Она может быть изменена также воздействием антропогенных факторов: обработкой почвы и удобрениями. Как показывают наши исследования, изучаемые приёмы приводят к некоторому изменению их кислотности, однако величина  $pH_{KCl}$  не выходит за пределы значений от

5–6 до 8 ед., не оказывающих отрицательного влияния на большинство культурных растений по всем приемам основной обработки почвы, как на фоне применения органико-минеральных удобрений, так и без фона (табл. 4). Сравнение данных, полученных с использованием ретроспективных наблюдений и исследований на пашне в 1983 г., сделанных вблизи изучаемого объекта, где реакция  $pH_{KCl}$  была нейтральной, с полученными результатами полевого опыта, показало, что на вспашке без применения удобрений, при плоскорезной обработке без применения и с применением удобрений и залежи по слоям почвы 0–10, 10–20 и 20–30 см произошло подкисление почвенного раствора. Причём на вспашке без удобрений подкисление проходило и в нижележащих слоях 30–40 и 40–50 см, плоскорезной обработке с удобрением – 30–40 см. Отмечено подкисление на вспашке с удобрением в слое 40–50 см. По другим слоям почвы в вариантах обработки и залежи реакция  $pH_{KCl}$  была нейтральной и колебалась на уровне пашни 1983 г. Правда, здесь следует заметить, что на варианте плоскорезной обработки без удобрений наблюдается заметное подщелачивание почвы в слоях 40–60 см. Изменение реакции почвенного раствора в отдельных слоях почвенного профиля по приёмам обработки с применением и без применения удобрений возможно объяснить падением содержания подвижных форм кальция, которые собственно её и регулируют.

От систематического внесения навоза и минеральных удобрений и глубиной их заделки в варианте с отвальной системой об-

работки произошло подщелачивание по всем слоям почвы. Реакция почвенного раствора слоёв в 0–30 см профиле почвы на данном варианте обработки сместилась ближе к нейтральной, в слоях 30–50 см к нейтральной и не достигла уровня пашни 1983 г. При поверхностном внесении удобрений на плоскорезной обработке в слоях 0–60 см профиля почвы отмечено подкисление (в слое 40–50 см на существенную величину).

В настоящее время кислотность слоёв в 0–30 см профиле почвы на залежи, вспашке и плоскорезной обработке на обоих фонах удобрённости можно отнести к близкой к нейтральной. В нижележащих слоях 30–60 см профиля подкисление почвы отмечено на вспашке на обоих фонах, подщелачивание – на плоскорезной обработке без удобрений. На уровне исходной величины сохранился  $pH_{KCl}$  на плоскорезной обработке с удобрением и в залежи. Наличие карбонатов и связанная с этим более высокая кислотность  $pH_{KCl}$  в 40–50 см показывает, что гумусный горизонт заканчивается в данном слое на залежи и плоскорезной обработке с фоном и без фона удобрений, в слое 50–60 см – на вспашке в обоих фонах удобрённости. Об этом свидетельствует и линия вскипания, которая сохраняет вышеназванную закономерность по агроприёмам и залежи. Нашими наблюдениями за почвой в опытах отмечено вскипание от НС1 с глубины 48,0–57,2 см, появление карбонатов в виде белоглазки с 70–80 см. Проведённые исследования на поле, примыкающем к стационарному опыту и располагающемся на водораздельной части склона, показали, что линия вскипания на 2 см выше залегания карбонатов в виде конкреций типа белоглазки [7]. Оборот и перемешивание физиологически кислых удобрений с почвой при проведении вспашки, по-видимому, приводят к трансформации карбонатов в природные соединения с последующим переходом в почвенный раствор и миграции вглубь профиля. Ежегодное перемешивание почвы с органической массой, в том числе с гумусовыми кислотами, при вспашке также ведёт к разрушению карбонатов и частичному их связыванию с кальцием, что обеспечивает высокую буферную способность почв. При плоскорезной обработке удобрения пожнивных и корневые остатки сосредотачиваются и перемешиваются с почвой в верхних её слоях. Поэтому карбонаты находятся в профиле почвы несколько выше на данном варианте обработки по сравнению со вспашкой. Аналогичная закономерность наблюдается

и на залежи, где сосредоточение в верхних слоях почвы растительных остатков также ведёт к накоплению карбонатов в профиле несколько выше по сравнению с вспашкой.

При рассмотрении статистической обработки данных табл. 1–4 просматривается положительное влияние на показатели физико-химических свойств почвы приёмов обработки и удобрений не только от их отдельного применения, но и взаимодействия между собой и слоями почвенного профиля.

Итак, длительное использование различных приёмов обработки, органо-минеральных удобрений и сельскохозяйственных культур в севооборотах влияет на содержание обменных оснований в составе ППК, реакцию почвенного раствора. Однако исследуемая почва с высокой степенью насыщенности основаниями обладает высокой буферной способностью против подкисления и менее подвержена изменению своего состава благодаря низкому потенциалу коллоидов и устойчивости их гелей. Поэтому количество и состав поглощенных катионов при применяющихся видах обработки, рекомендованных для изучаемой зоны доз органо-минеральных удобрений и сельскохозяйственных культур в севооборотах дают основания полагать, что их потенциал восполним, и их биогеохимический цикл в культурных экологически устойчивых агроценозах длительного стационарного полевого опыта не нарушен.

От величины рН почвенного раствора зависит подвижность и доступность элементов питания растений. Содержание доступного фосфора для питания растений максимальна при  $pH = 6,5$ . Как видно из табл. 4, рН солевой вытяжки в варианте вспашки увеличивается в слое 50–60 см, вариантах плоскорезной обработки и залежи в слоях 40–60 см профиля, что сказывается на увеличении фосфатов III группы и ослаблении нитрификационной способности почвы (табл. 5).

Благодаря обмену между почвенно-поглощающим комплексом и раствором оказывается возможным почти круговой характер естественных биогеохимических циклов элементов питания в культурных агроценозах, если они (циклы) не нарушены. Отсюда можно сделать вывод, что почва опытного участка при разных приемах основной обработки на фоне применения и неприменения рекомендуемых доз органо-минеральных удобрений по вышеназванным показателям её свойств близка к черноземам южным тяжелосуглинистым, взятым по своему типу за эталон и распространённым в условиях засушливого Поволжья.

О равновесном и сбалансированном воздействии приемов основной обработки и удобрений на сорбционные функции почвы, а значит, и на физико-химические её свойства и доступность элементов питания, а отсюда и на продуктивность агроценоза, возможно, судить по урожайности озимой пшеницы, которая по приемам обработки почвы не выходила за пределы наименьшей существенной разницы. Как видно из табл. 6, в длительном стационарном полевом эксперименте в 6-польном зернопаропропашном и зернопаровом севооборотах в среднем за 1972–1983 гг. на фоне внесения

удобрений по вспашке урожайность озимой пшеницы составила 3,45 т/га, плоскорезной обработке – 3,51, без удобрений – соответственно 3,21 и 3,23 т/га; в 6-польном зернопаровом за 1984–1999 гг. на фоне удобрений по вспашке – 3,56 т/га, плоскорезной обработке – 3,49, без удобрений – 3,18 и 3,08 т/га; в 4-польном за 2000–2015 гг. на фоне удобрений по вспашке – 2,83 т/га, плоскорезной обработке – 2,90, без удобрений – 2,50 и 2,55 т/га с содержанием клейковины в зерне – соответственно обработкам 28,1 и 27,0% на фоне удобрений и 25,3 и 25,3 без удобрений.

**Таблица 5**

Групповой состав фосфатов в зависимости от приемов основной обработки почвы

Варианты	Слой почвы, см	Нитрификация, мг/кг	Групповой состав фосфатов, мг/кг		
			I	II	III
Вспашка, 27–30 см	0–10	25,8	28,4	182,8	272,8
	10–20	23,7	22,2	188,3	286,0
	20–30	23,0	21,6	196,4	275,0
	30–40	18,9	19,8	191,7	274,5
	40–50	14,0	15,8	182,7	267,5
	50–60	5,2	3,8	186,2	355,5
Плоскорезная, 14–16 см (27–30 см)	0–10	26,8	22,8	176,7	276,0
	10–20	24,4	22,8	193,2	251,5
	20–30	17,0	15,8	162,4	205,3
	30–40	6,1	9,6	166,9	182,5
	40–50	2,7	10,0	192,2	307,3
	50–60	2,2	4,2	207,3	327,5
Залежь	0–10	31,7	12,0	159,0	248,2
	10–20	21,7	5,8	141,4	214,8
	20–30	16,1	5,4	167,2	265,7
	30–40	1,6	5,1	190,6	316,6
	40–50	0,8	3,0	211,8	359,3
	50–60	0,2	2,6	213,5	364,7

**Таблица 6**

Урожайность озимой пшеницы в зависимости от приемов основной обработки и удобрений, т/га

Обработка почвы (фактор А)	Фон (фактор В)	1972–1983 гг.	1984–1999 гг.	2000–2015 гг.
Вспашка, 27–30 см	без удобрений	3,21	3,18	2,50
	с удобрением	3,45	3,56	2,83
Плоскорезная, 27–30 см (с 2000 г. на 14–16 см)	без удобрений	3,23	3,08	2,55
	с удобрением	3,51	3,49	2,90
НСР <sub>05</sub> для: частных средних		0,14*	0,16*	0,23*
фактора А		Fф < Fт	0,11*	Fф < Fт
фактора В		0,10*	0,11*	0,17*
Х		3,35 ± 0,05	3,73 ± 0,06	2,97 ± 0,08
Р, %		1,49	1,48	2,74

Примечание. \*) Различия существенны на 5%-ном уровне значимости (Fф > Fт).

### Выводы

Таким образом, наблюдения и исследования за  $pH_{KCl}$  в окультуренном чернозёме южном тяжелосуглинистом важны при проведении его мониторинга, поскольку позволяют не только оценить изменения свойств профиля почвы и состояние агроценоза при длительном воздействии антропогенных факторов, но и определить характер их использования и разработать соответствующие агроприёмы. В засушливых условиях Поволжья приемы основной обработки почвы и рекомендуемые дозы удобрений, длительно применяемые в севообороте, не ухудшают реакцию почвенного раствора, количество обменного  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  и их сумму в составе ППК по слоям в профиле чернозема южного тяжелосуглинистого. Изучаемая почва, имея тяжелосуглинистый механический состав и достаточное содержание гумуса, обладает высокой буферностью, благодаря которой позволяет сохранять  $pH_{KCl}$  в оптимальных величинах для роста и развития культурных растений в агроценозе и микроорганизмов в почве и активно противостоять изменению реакции среды от воздействия изучаемых агроприёмов. Об отсутствии их негативного воздействия на данные показатели физико-химических свойств почвы свидетельствуют длительные исследования с озимой пшеницей, урожайность которой по приемам обработки на фоне удобрений и без них колебалась в пределах ошибки опыта.

### Список литературы

1. Сиухина М.С. Изменение свойств чернозёма выщелоченного под влиянием длительного сельскохозяйственного использования / М.С. Сиухина. – Агрохимические свойства почв и приёмы их регулирования. IV Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения: материалы международной научно-практической конференции (Иркутск, 16–21 июля 2007 г.). Россельхозакадемия. Сибирское отделение. – Новосибирск, 2009. – С. 198–201.
2. Любимова М.Н. Изменение физико-химических свойств чернозёма южного под различными полевыми севооборотами / М.Н. Любимова, И.Ф. Медведев, А.А. Бочков. – Сохранение и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии (К 70-летию со дня рождения академика А.П. Щербакова). Сборник докладов Всероссий-

ской научно-практической конференции, ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 13–15 сентября 2011 г., Курск. – Курск: ГНУ Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2011. – С. 212–215.

3. Любимова М.Н. Агроэкологические особенности формирования почвенного плодородия склонов южной экспозиции для яровой пшеницы на южных черноземах: дис... канд. с.-х. наук. – Саратов, 2009. – 168 с.
4. Чуб М.П. Эффективность длительного применения удобрений в агроценозах степной зоны Саратовского Поволжья в условиях аридного климата / М.П. Чуб, В.В. Пронько, Т.М. Ярошенко и др. // Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями. – М.: ВНИИА, 2014. – 56 с.
5. Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А.В. Соколова, Д.И. Аскинава, И.П. Сердобольского. – М.: Изд-во АН СССР, 1975. – 656 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
7. Бочков А.А. Рельеф и почвообразовательные процессы на черноземах южных Приволжской возвышенности: дис... канд. с.-х. наук. – Саратов, 2011. – 202 с.

### References

1. Siuhina M.S. Izmenenie svojstv chernozjoma vyshchelochennogo pod vlijaniem dlitel'nogo selskoxozajstvennogo ispolzovaniya / M.S. Siuhina. Agrohimičeskie svojstva pochv i prijomy ih regulirovaniya. IV Sibirskie agrohimicheskie Prjanishnikovskie čtenija: materialy mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii (Irkutsk, 16–21 ijulja 2007 g.). Rossel'hozakademija. Sibirskoe otdelenie. Novosibirsk, 2009. pp. 198–201.
2. Ljubimova M.N. Izmenenie fiziko-himičeskih svojstv chernozjoma južnogo pod različnymi polevymi sevooborotami / M.N. Ljubimova, I.F. Medvedev, A.A. Bochkov. Sohranenie i vosproizvodstvo plodorodija pochv v adaptivno-landshaftnom zemledelii (K 70-letiju so dnja rozhdenija akademika A.P. Šherbakova). Sbornik dokladov Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii, GNU VNIIZiZPJe RASHN, 13–15 sentjabrja 2011 g., Kursk. Kursk: GNU Vserossijskij NII zemledelija i zashhity pochv ot jerozii RASHN, 2011. pp. 212–215.
3. Ljubimova M.N. Agroekologičeskie osobennosti formirovaniya pochvennogo plodorodija sklonov južnoj jekspozicii dlja jarovoj pšenicy na južnyh chernozemah: dis... kand. s.-h. nauk. Saratov, 2009. 168 p.
4. Chub M.P. Jefferktivnost dlitel'nogo primeneniya udobrenij v agrocenozah stepnoj zony Saratovskogo Povolzhja v uslovijah aridnogo klimata / M.P. Chub, V.V. Pronko, T.M. Jaroshenko i dr. // Bjulleten Geografičeskoj seti opytov s udobrenijami. M.: VNIIA, 2014. 56 p.
5. Agrohimičeskie metody issledovaniya pochv / Pod red. A.V. Sokolova, D.I. Askinava, I.P. Serdobolskogo. M.: Izd-vo AN SSSR, 1975. 656 p.
6. Dospëhov B.A. Metodika polevogo opyta / B.A. Dospëhov. 4-e izd., pererab. i dop. M.: Kolos, 1979. 416 p.
7. Bochkov A.A. Relef i pochvoobrazovatelnye processy na chernozemah južnyh Privolzhskoj vozvyshehnosti: dis... kand. s.-h. nauk. Saratov, 2011. 202 p.