

УДК 631.416

Рус.

**Фракционный состав минеральных фосфатов в черноземе  
обыкновенном при различных способах основной обработки**

Кучменко Е.В.<sup>1</sup>, Бирюкова О.А.<sup>1</sup>, Каменев Р.А.<sup>2</sup>, Медведева А.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup>Донской государственный аграрный университет, Ростов-на-Дону,  
Россия;

DOI: 10.18522/2308-9709-2021-36-3

*Аннотация:*

Фракционный состав минеральных фосфатов в почве зависит от её генетических особенностей и воздействия на почву различных факторов, в том числе антропогенных. Цель данного исследования – изучение фракционного состава минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном при различных способах основной обработки. Исследования проведены в условиях полевого опыта на территории ЗАО Новобатайская Кагальницкого района Ростовской области. Схема опыта: 1) отвальная вспашка (25–27 см), 2) дискование (10–12 см), 3) чизелевание (безотвальная обработка на глубину 25–27 см). Опытная культура озимая пшеница (*Triticum aestivum*). Почва – чернозем обыкновенный карбонатный мощный глинистый на лессовидных глинах. Отбор почвенных образцов проведен до посева и в фазу выхода в трубку озимой пшеницы по слоям: 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см. Фракционный состав минеральных фосфатов в почве определяли по методу Чанга и Джексона в модификации Гинзбург-Лебедевой, валовой фосфор – с помощью рентгено-флуоресцентного анализа.

Установлено, что чернозем обыкновенный карбонатный характеризуется достаточно высокими потенциальными возможностями в отношении обеспечения растений фосфором. Перед посевом озимой пшеницы содержание валового  $P_2O_5$  колеблется от 0,17 до 0,19 %. На долю минеральных фосфатов в верхнем слое чернозема обыкновенного карбонатного приходится 42,0–43,0 % – при чизелевании и дисковании, при отвальной вспашке – 32,0 % от валового фосфора. В фазу выхода в трубку их количество несколько уменьшилось за счет интенсивного использования растениями. Основная доля минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном карбонатном, независимо от способа основной обработки, представлена высокоосновными фосфатами кальция (Са-Р<sub>III</sub>), что определяется генетическими особенностями почвы. Растворимость фосфатов кальция с глубиной уменьшается. Безотвальные способы обработки (дискование и чизелевание) повышают содержание и доступность растениям минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном карбонатном по

сравнению с отвальной вспашкой. Однако отмеченное влияние по результатам первого года исследований не существенно, что свидетельствует о необходимости проведения многолетних исследований.

**Ключевые слова:** чернозем обыкновенный карбонатный, фракционный состав минеральных фосфатов, озимая пшеница, отвальная вспашка, дискование, чизелевание.

**Eng.** *Fractional composition of mineral phosphates in Haplic Chernozem with different cultivation methods*

Kuchmenko E.V.<sup>1</sup>, Biryukova O.A.<sup>1</sup>, Kamenev R.A.<sup>2</sup> Medvedeva A.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

<sup>2</sup> *Don Zonal Research Institute of Agriculture, Rassvet, Russia;*

**Abstract:**

The fractional composition of mineral phosphates in the soil depends on its genetic features and the impact of various factors on the soil, including anthropogenic factors. The purpose of this research is to study the fractional composition of mineral phosphates in Haplic Chernozem under different tillage techniques. The research was carried out as a field experiment on the territory of CJSC Novobatayskaya of Kagalnikskiy district, Rostov region. The scheme of experiment consists from 1) ploughing (25-27 cm), 2) discing (10-12 cm), 3) chiseling (no-tillage to a depth of 25-27 cm). Experimental crop is winter wheat (*Triticum aestivum*). The soil is Haplic Chernozem carbonate thick clayey on loess loam. Soil samples were taken before sowing and in the phase of winter wheat emergence at layers: 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm. Fractional composition of mineral phosphates in the soil was determined by the Chang and Jackson method modified by Ginzburg-Lebedeva; total phosphorus was determined by X-ray fluorescence analysis.

It was found that the Haplic Chernozem is characterized by a rather high potential of phosphorus supply to plants nutrition. Before sowing winter wheat, the content of total P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> varies from 0.17 to 0.19 %. Mineral phosphates in the top layer of Haplic Chernozem carbonate account for 42.0-43.0 % of total phosphorus during chiseling and discing, and 32.0 % of total phosphorus during moldboard ploughing. During the emergence phase, their amount decreased slightly due to intensive use by plants. The main share of mineral phosphates in Haplic Chernozem, regardless of the cultivation method, is represented by high-basic calcium phosphates (Ca-P<sub>III</sub>), which is due to genetic features of the soil. The solubility of calcium phosphates decreases with depth. No-tillage methods (discing and chiseling) increase the content and availability of mineral phosphates to plants in Haplic Chernozem compared with the ploughing. However, the observed effect

according to the results of the first year of research is not significant, indicating the need for multi-year studies.

**Key words:** Haplic Chernozem, fractional composition of mineral phosphates, winter wheat, moldboard ploughing, discing, chiseling.

## **Введение**

Уровень плодородия почв в значительной степени определяется содержанием фосфора и особенно подвижных, легкорастворимых его форм. Поэтому одной из важных задач современного земледелия является создание в почвах оптимального фосфатного уровня, обеспечивающего формирование высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур [2,15,16].

Фосфатный режим почвы в большей мере отражает генетические особенности почвы. Общее содержание фосфора, характер распределения по профилю, формы его минеральных соединений и другие показатели – определяет тип почвообразования и степень окультуренности почвы [7,13]. Это обусловлено особенностями взаимодействия фосфора с отдельными компонентами почвы (катионами почвенного раствора, свободными оксидами железа и алюминия, обменными основаниями почвенного поглощающего комплекса) с образованием стабильных труднорастворимых соединений. Содержание фосфора и распределение его форм в почвах имеет зональный и подзональный характер и связан как с геологическими процессами, так и с преобразованием современных почв под влиянием различных факторов, в том числе антропогенных [19, 20].

Ростовская область сохраняет позиции одного из крупнейших в России зернопроизводящих регионов и поставщика высококачественного зерна. В связи с этим актуальной задачей является исследование питательного режима почв при ресурсосберегающих агротехнологиях.

**Цель** данного исследования – изучить фракционный состав минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном при различных способах основной обработки.

Исследования проведены на базе ЗАО Новобатайская Кагальницкого района Ростовской области (рис. 1).

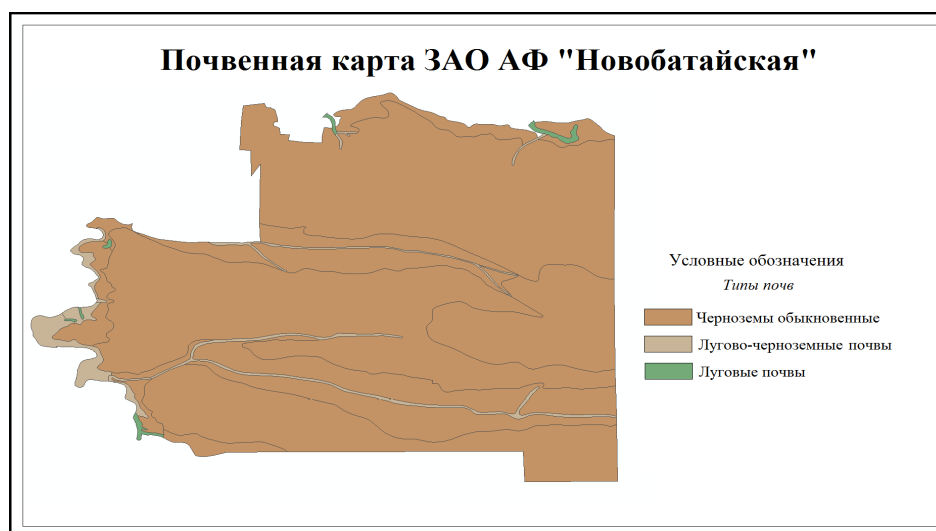


Рис. 1 – Почвенная карта ЗАО Новобатайская Кагальницкого района Ростовской области

Преобладающий тип почв на территории ЗАО Новобатайская – чернозем. Основными процессами образования чернозёмов являются: дерновый процесс и миграция гидрокарбонатов кальция по профилю. Эти процессы остаются ведущими, но в распаханых чернозёмах количественно изменены, так как при распашке дерновый процесс по причине резкого сокращения числа корней и растительных остатков существенно ослабевает. Это ведет к ослаблению процесса гумусонакопления и, в соответствии с этим, к потере гумуса почвами [5]. По данным [9] содержание гумуса в черноземе обыкновенном карбонатном зависит от интенсивности используемых агротехнологий. При длительном применении ресурсосберегающих технологий, в том числе минимальной и нулевой, происходит постепенная стабилизация гумусного состояния чернозема обыкновенного карбонатного.

Почва экспериментального участка – чернозем обыкновенный карбонатный мощный глинистый на лессовидных глинах.

### Постановка опыта

Исследования проведены в условиях полевого опыта. Схема опыта: 1) отвальная вспашка (25–27 см), 2) дискование (10–12 см), 3) чизелевание (безотвальная обработка на глубину 25–27 см).

Возделываемая культура – озимая пшеница (*Triticum aestivum*), сорт Гром. Данный сорт занесен в перечень «ценных» сортов. Сорт обладает очень высокой и стабильной урожайностью. Максимальная урожайность получена 2003 году — 110 ц с га. В среднем за четыре года конкурсного сортоиспытания его урожайность составила по рапсу 97,4 ц с 1 га, по трем предшественникам – 78,6 ц с 1 га. Сорт Гром на фоне искусственного заражения высокоустойчив к мучнистой росе, желтой и бурой ржавчинам,

устойчив к септориозу, умеренно восприимчив к фузариозу колоса; твердой головней поражается на уровне стандартного сорта. Обладает повышенной морозостойкостью и засухоустойчивостью [14].

Размер опытной делянки: длина – 100 м, ширина – 24 м. При посеве вносили аммофос (120 кг/га), по мерзлоталой почве – аммиачную селитру (100 кг/га), в фазу колошения озимой пшеницы использовали мочевины (20 кг/га). Предшественник – пар. На каждом варианте экспериментального поля отбирали образцы почвы по слоям: 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см. Первый отбор образцов проводили в 2019 году перед посевом озимой пшеницы, второй отбор – в 2020 году в фазу выхода в трубку.

### **Методы исследования**

Исследования агрохимических показателей почвы выполнены в лаборатории кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского ЮФУ.

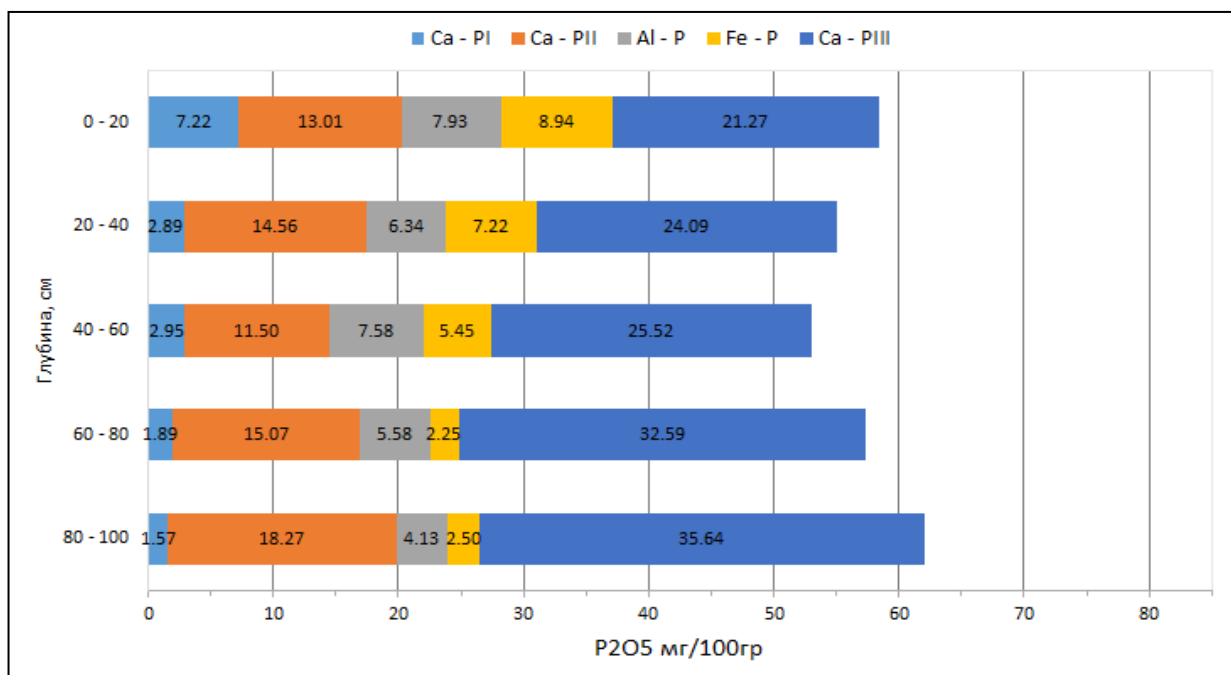
Определение фракционного состава минеральных фосфатов проведено по методу Чанга и Джексона в модификации Гинзбург-Лебедевой [1], содержание валового фосфора и кальция определяли с помощью рентгенофлуоресцентного анализа [10]. Интерпретация полученных результатов проведена с использованием программ Microsoft Office и STATISTICA 13. Почвенная карта выполнена в программе ArcGIS.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Перед посевом озимой пшеницы при использовании отвальной вспашки содержание фосфатов фракции Са-Р<sub>I</sub>, которая представлена фосфатами щелочных и щелочно-земельных металлов, в слое 0–20 см составляет 7,2 мг/100 г (рис. 2). Содержание разноосновных фосфатов кальция (Са-Р<sub>II</sub>), которые менее доступны для растений, больше на 6,0 мг/100г по сравнению с предыдущей. Основную долю от суммы минеральных фосфатов занимают трехзамещенные фосфаты кальция (Са-Р<sub>III</sub>) – 36,0 % (21,3 мг/100 г). Сумма фосфатов алюминия и железа составляет около 17,0 мг/100 г (29,0 %).

Распределение фракций по профилю различно. Максимальное содержание фосфатов Са-Р<sub>I</sub> установлено в верхнем слое почвы (0–20см) с резким уменьшением вниз по профилю. В горизонте 20–40 см их количество снижается в 2,5 раза, достигая минимальных величин – 1,6 мг/100 г в слое 80–100 см, что, вероятно, обусловлено увеличением карбонатности почвы. Для внутрипрофильного распределения фосфатов Са-Р<sub>II</sub> характерно некоторое увеличение в нижних слоях почвы от 13, 0 в слое 0–20 см до 18,3 мг/100 г – в слое 80–100 см. Для фосфатов Al-P и Fe-P выявлено равномерное уменьшение вниз по профилю. Содержание фракции труднорастворимых

фосфатов (Ca-P<sub>III</sub>) вниз по профилю увеличивается. Следует отметить наибольшее ее количество на глубине залегания белоглазки.

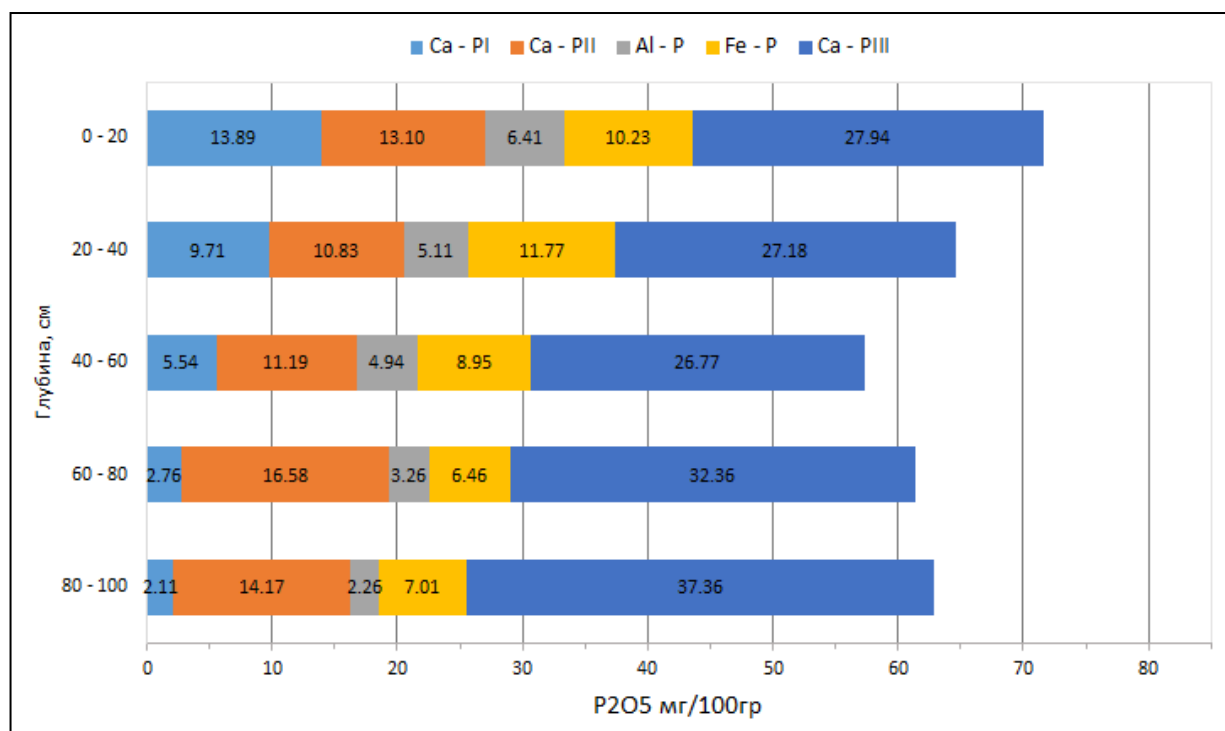


*Рис.2 – Профильное распределение фракций минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном при отвальной вспашке (перед посевом озимой пшеницы)*

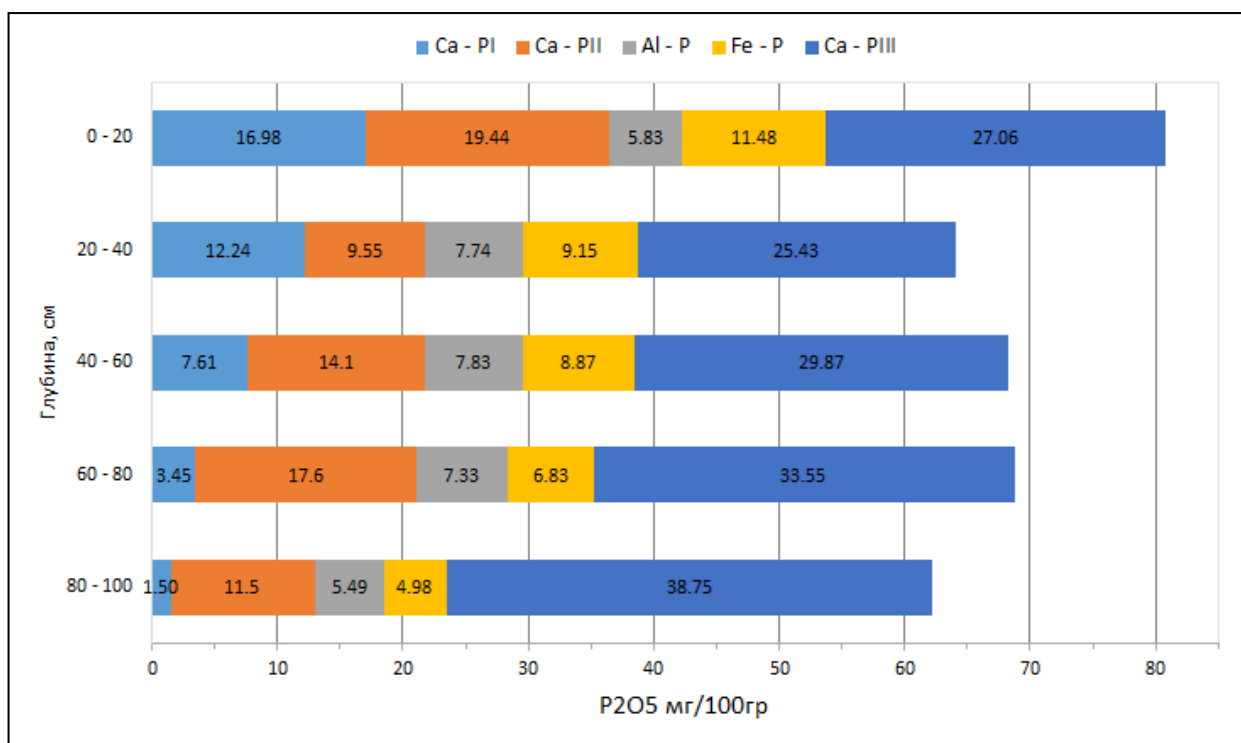
Использование безотвальных способов основной обработки способствует увеличению суммы минеральных фосфатов в верхних слоях почвы (0–20 и 20–40 см) (рис. 3, 4). При чизелевании отмеченное повышение сохраняется и в нижних слоях почвы. В вариантах с дискованием и чизелеванием наблюдается накопление фосфатов фракции Ca-P<sub>I</sub>, наиболее ценной для питания растений. Их содержание в верхнем слое (0–20 см) в два раза больше, чем при отвальной вспашке. Снижение одноосновных фосфатов кальция вниз по профилю происходит постепенно. Применение чизелевания способствует повышению фракции Ca-P<sub>II</sub>, являющейся ближним резервом для питания растений. По данным [4,8,11,12,18], безотвальные способы обработки улучшают водно-физические свойства почв, усиливают биологическую активность и стабилизируют их азотное состояние. При этом, соответственно, изменяют и интенсивность процессов трансформации минеральных и органических фосфатов в почве, увеличивая их доступность растениям.

При дисковании содержание разноосновных фосфатов кальция (Ca-P<sub>II</sub>) мало изменяется по профилю, а при чизелевании выявлено их уменьшение на

40,0 % по сравнению с пахотным слоем. Существенных отличий в содержании и характере распределения фосфатов полуторных оксидов (Al-P и Fe-P) и высокоосновных фосфатов Ca-P<sub>III</sub> не установлено.



*Рис.3 – Профильное распределение фракций минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном карбонатном при дисковании (перед посевом озимой пшеницы)*



*Рис.4 – Профильное распределение фракций минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном карбонатном при чизелевании (перед посевом озимой пшеницы)*

Сумма фосфатов кальция ( $\text{Ca-P}_I + \text{Ca-P}_{II} + \text{Ca-P}_{III}$ ) по вариантам опыта находится практически на одном уровне: при чизелевании колеблется от 47,2 до 63,5 мг/100 г, при дисковании – от 43,5 до 54,9 мг/100 г, при отвальной обработке – от 39,9 до 55,5 мг/100 г. Но их подвижность, которую оценивали по отношению  $\text{Ca-P}_I + \text{Ca-P}_{II} / \text{Ca-P}_{III}$ , зависит от способа обработки. Самый высокий показатель подвижности фосфатов кальция – 1,35 установлен в верхнем слое (0–20 см) при чизельной обработке почвы (табл.1). Для отвальной вспашки и дискования этот показатель близок к единице – 0,95 и 0,97 соответственно. В слое 20–40 см отношение  $\text{Ca-P}_I + \text{Ca-P}_{II} / \text{Ca-P}_{III}$  меньше и колеблется от 0,72 (отвальная вспашка) до 0,86 (чизелевание). Установлена общая закономерность изменения подвижности фосфатов кальция для изучаемых способов обработки – максимальные ее значения выявлены в верхнем пахотном слое почвы (0–20 см), с глубиной она уменьшается.

*Таблица 1 – Фракционный состав минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном перед посевом озимой пшеницы*

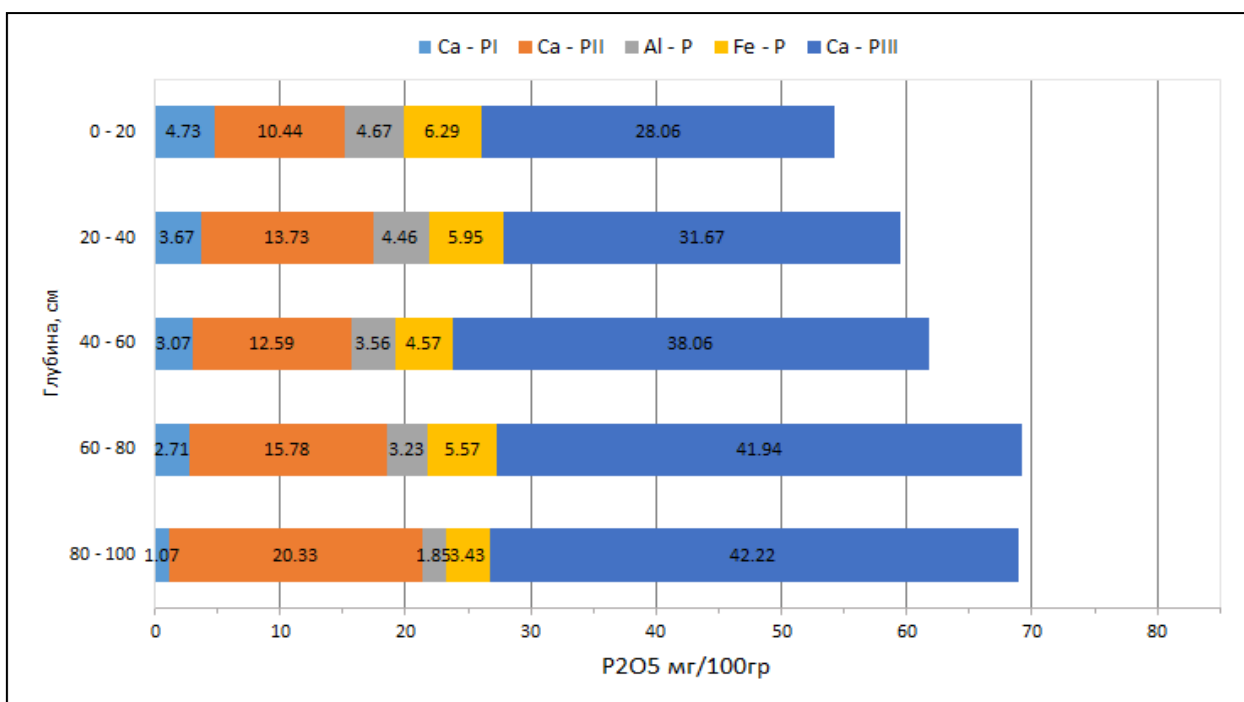
Глубина, см	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (вал), мг/100 г	Σ мин. фосфатов, мг/100 г	Σ фосфатов Ca, мг/100 г	$\frac{\text{Ca-P}_I + \text{Ca-P}_{II}}{\text{Ca-P}_{III}}$	Al-P + Fe-P мг/100 г	$\frac{\Sigma \text{Ca-P}}{\text{Al-P} + \text{Fe-P}}$
0 - 20	63.55	63.55	47.2	1.35	16.35	0.82
20 - 40	54.9	54.9	43.5	1.26	11.4	1.10
40 - 60	55.5	55.5	39.9	1.39	15.6	0.89
60 - 80	63.55	63.55	47.2	1.35	16.35	0.82
80 - 100	63.55	63.55	47.2	1.35	16.35	0.82



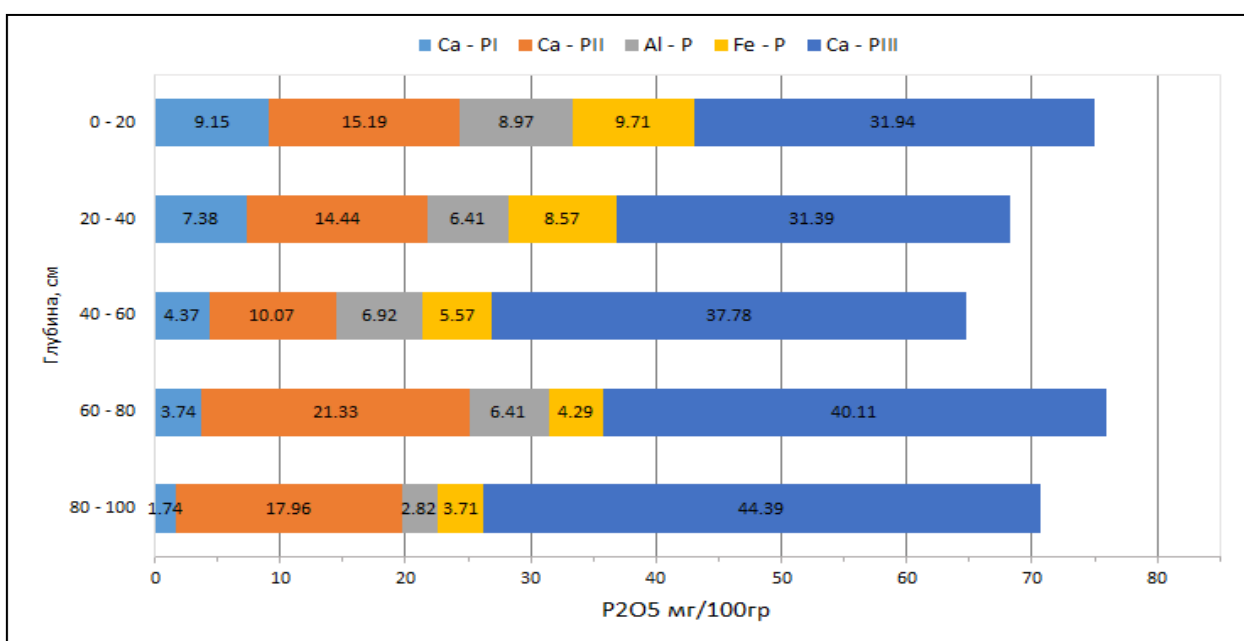
	Отвальная вспашка					
0 - 20	180	58.38	41.51	0.95	16.87	2.46
20 - 40	180	55.10	41.54	0.72	13.56	3.06
40 - 60	170	53.00	39.97	0.57	13.03	3.07
60 - 80	160	57.38	49.55	0.52	7.83	6.33
80 - 100	160	62.11	55.48	0.56	6.63	8.37
	Дискование					
0 - 20	170	71.57	54.93	0.97	16.64	3.30
20 - 40	170	64.60	47.72	0.76	16.88	2.83
40 - 60	160	57.39	43.50	0.63	13.89	3.13
60 - 80	160	61.42	51.70	0.60	9.72	5.32
80 - 100	160	62.91	53.64	0.44	9.27	5.79
	Чизелевание					
0 - 20	190	80.79	63.48	1.35	17.31	3.67
20 - 40	180	64.11	47.22	0.86	16.89	2.80
40 - 60	160	68.29	51.59	0.73	16.70	3.09
60 - 80	160	68.75	54.59	0.63	14.16	3.86
80 - 100	160	62.22	51.75	0.34	10.47	4.94

Выявленная закономерность профильного распределения фракций минеральных фосфатов при осеннем отборе образцов подтверждается и в фазу выхода в трубку (рис. 5–7). Содержание легкорастворимой фракции фосфатов Ca-P<sub>I</sub> при использовании отвальной вспашки, как и перед посевом озимой пшеницы, самое низкое среди всех способов обработки и составляет 4,73 мг/100 г (0–20 см). Только при использовании чизельной обработки содержание этой фракции Ca-P<sub>I</sub> (13,7 мг/100 г) больше, чем количество разноосновных фосфатов кальция Ca-P<sub>II</sub> (10,37 мг/100 г).

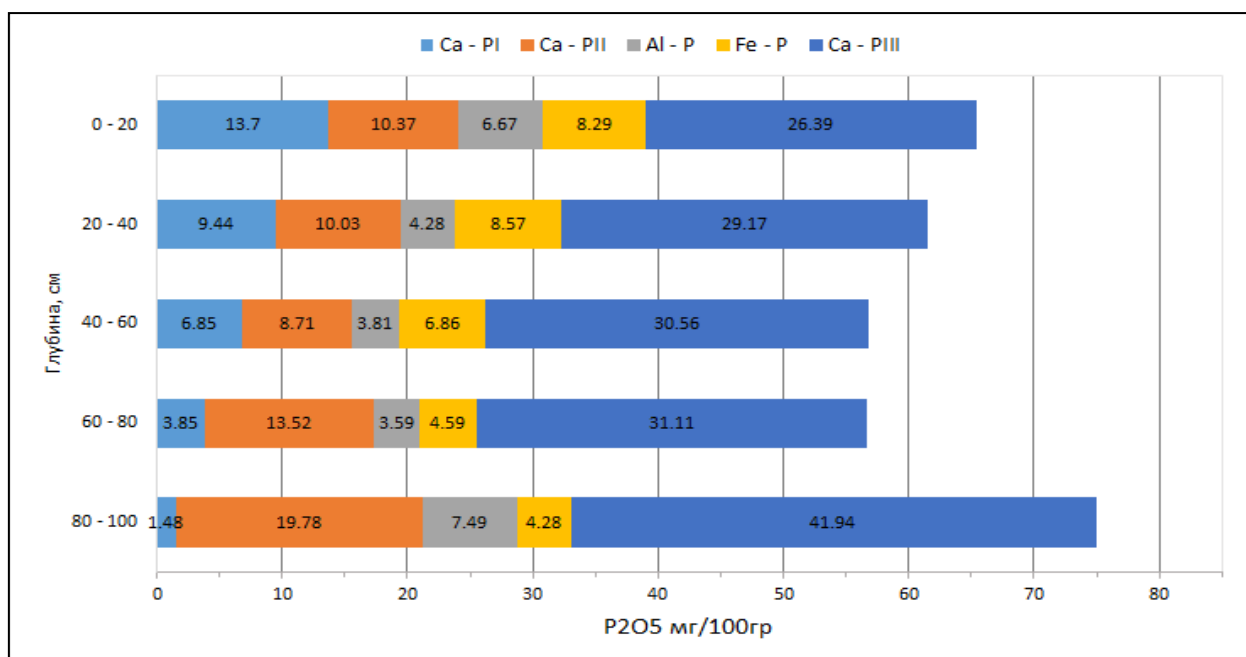
При интенсивном использовании озимой пшеницей фосфора в фазу выхода в трубку [2,16], содержание доступных для растений фосфатов кальция (Ca-P<sub>I</sub> + Ca-P<sub>II</sub>) уменьшилось, как и фосфатов полуторных оксидов (Al-P и Fe-P). Основными преобладающими соединениями минеральных фосфатов по всем вариантам опыта являются Ca-P<sub>III</sub>, значительная часть которых накапливается в нижних слоях (60–80, 80–100 см). Содержание высокоосновных фосфатов кальция увеличилось по сравнению с предыдущим сроком отбора.



*Рис.5 – Профильное распределение фракций минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном при отвальной вспашке (фаза выхода в трубку)*



*Рис.6 – Профильное распределение фракций минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном при дисковании (фаза выхода в трубку)*



*Рис.7 – Профильное распределение фракций минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном при чизелевании (фаза выхода в трубку)*

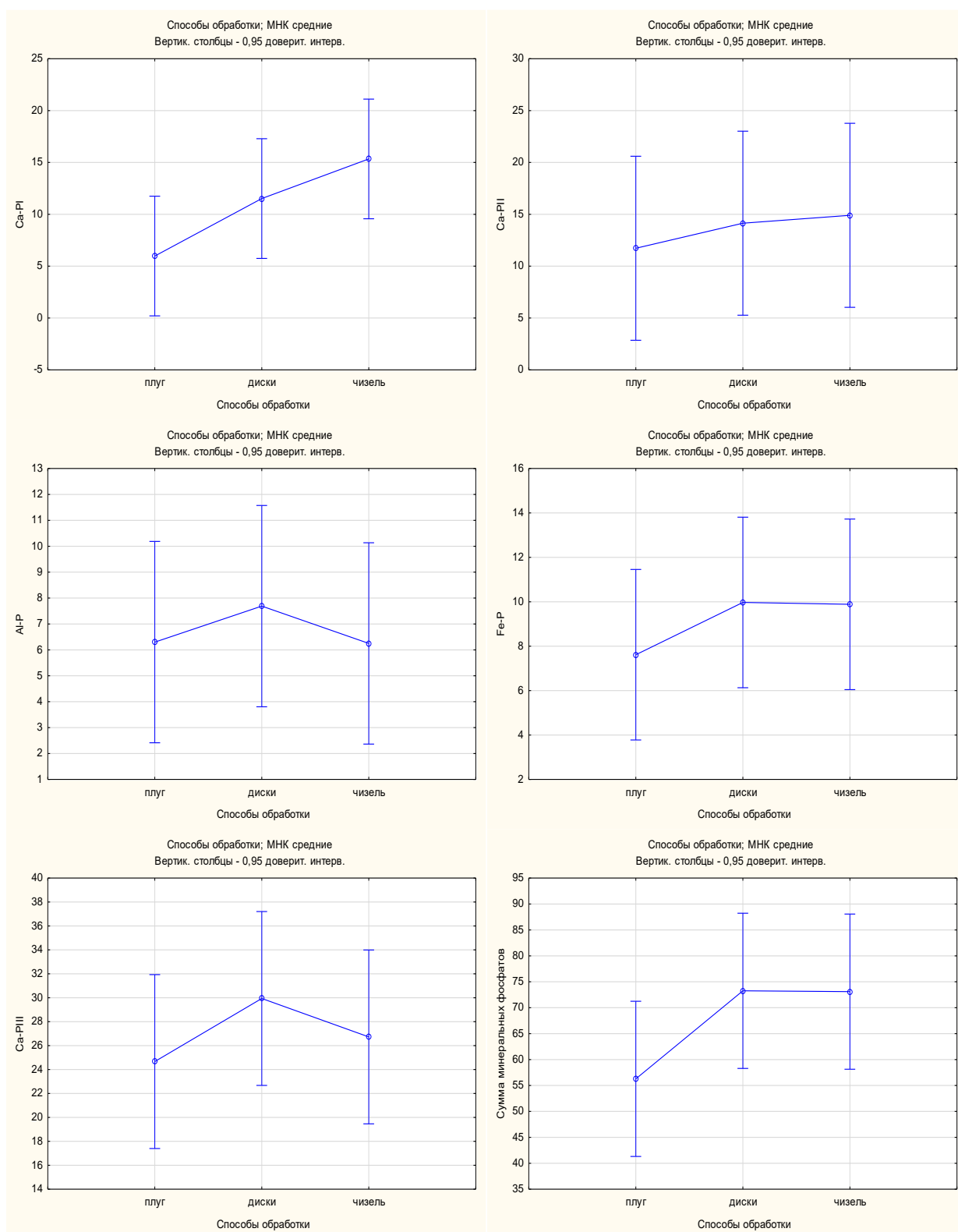
Основная доля в составе минеральных фосфатов независимо от способа обработки принадлежит высокоосновным фосфатам кальция, так как структура минеральных фосфатов в значительной степени зависит от рН среды и наличия свободных карбонатов [3,7,15]. Проведенные ранее исследования [6] свидетельствуют о том, что доступность растениям фосфора в черноземе обыкновенном карбонатном зависит от соотношения содержания в почве обменного кальция и количества общих карбонатов. Между обменным кальцием и общим содержанием карбонатов разной природы в этих почвах имеется определенное равновесие, смещение которого может отрицательно сказываться на подвижности фосфора, вследствие его закрепления в форме труднодоступных растениям фосфатов кальция.

Согласно полученным результатам, сумма фосфатов кальция в фазу выхода в трубку при чизельной обработке практически не изменяется, ее увеличение наблюдается при дисковании (52–64 мг/100 г) и в варианте с отвальной вспашкой – 43–63 мг/100 г (табл. 2). Подвижность фосфатов кальция при чизелевании почвы, как и до посева озимой пшеницы, выше, чем при остальных обработках. В целом, по сравнению с осенним периодом наблюдения подвижность фосфатов кальция уменьшается за счет снижения количества растворимых фракций (Ca-P<sub>I</sub> + Ca-P<sub>II</sub>) в результате поглощения растениями.

*Таблица 2 – Фракционный состав минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном в фазу выхода в трубку озимой пшеницы*

Глубина, см	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (вал), мг/100 г	Σ мин. фосфатов, мг/100 г	Σ фосфатов Са, мг/100 г	$\frac{\text{Ca-P}_I + \text{Ca-P}_{II}}{\text{Ca-P}_{III}}$	Al-P + Fe-P мг/100 г	$\frac{\Sigma \text{Ca-P}}{\text{Al-P} + \text{Fe-P}}$
<b>Отвальная вспашка</b>						
0 - 20	180	54.19	43.23	0.54	10.96	3.94
20 - 40	180	59.48	49.07	0.55	10.41	4.71
40 - 60	170	61.85	53.72	0.41	8.13	6.61
60 - 80	160	69.23	60.43	0.44	8.80	6.87
80 - 100	160	68.90	63.62	0.51	5.28	12.05
<b>Дискование</b>						
0 - 20	170	74.96	56.28	0.76	18.68	3.01
20 - 40	170	68.19	53.21	0.70	14.98	3.55
40 - 60	160	64.71	52.22	0.38	12.49	4.18
60 - 80	160	75.88	65.18	0.63	10.70	6.09
80 - 100	160	70.62	64.09	0.44	6.53	9.81
<b>Чизелевание</b>						
0 - 20	190	65.42	50.46	0.91	14.96	3.37
20 - 40	180	61.49	48.64	0.67	12.85	3.79
40 - 60	160	56.79	46.12	0.51	10.67	4.32
60 - 80	160	56.66	48.48	0.56	8.18	5.93
80 - 100	160	74.97	63.20	0.51	11.77	5.37

Дисперсионный анализ полученных результатов показал, что влияние различных способов основной обработки почвы на содержание и подвижность минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном карбонатном не существенно (на уровне  $p < 0,050$ ) (рис. 8).



*Рис. 8 – Влияние различных способов обработок на фракционный состав минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном, в целом для слоя 0–100 см*

## Выводы

1. Установлено, что чернозем обыкновенный карбонатный характеризуется достаточно высокими потенциальными возможностями в отношении обеспечения растений фосфором. Перед посевом озимой пшеницы содержание валового  $P_2O_5$  колеблется от 0,17 % до 0,19 %. Показано равномерное распределение валовых фосфатов с постепенным снижением вниз по профилю почвы, что характерно для аккумулятивно-гумусовых почв.

2. На долю минеральных фосфатов в верхнем слое (0–20 см) чернозема обыкновенного карбонатного приходится 42,0–43,0 % – при чизелевании и дисковании, при отвальной вспашке – 32,0 % от валового фосфора. В фазу выхода в трубку их количество несколько уменьшилось за счет интенсивного использования растениями.

3. Основная доля минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном карбонатном представлена фосфатами кальция Са-РІІІ, что определяется генетическими особенностями почвы. По содержанию фракции минеральных фосфатов можно представить в виде следующих убывающего ряда:

Са-РІІІ > Са-РІІ > Са-РІ > Fe-Р > Al-Р для слоя 0-60 см,

Са-РІІІ > Са-РІІ > Са-РІ > Al-Р > Fe-Р для слоя 60-100 см.

4. Закономерности распределения по профилю фракций минеральных фосфатов следующие: содержание кислых фосфатов кальция, магния (Са-РІ) с глубиной уменьшается, а фосфатов кальция типа Са-РІІІ – повышается, количество фосфатов фракций Са-РІІ, Al-Р и Fe-Р остается практически без изменения. Растворимость фосфатов кальция с глубиной уменьшается.

5. Влияние различных способов основной обработки почвы на содержание и подвижность минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном карбонатном по результатам первого года исследований не существенно (при  $p < 0,050$ ).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности № 0852-2020-0029 и при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11).

## Список литературы

1. Агрохимические методы исследования почв. Под ред. Соколова А.В. – М.: Наука, 1975. – 106 с.

2. Агрохимия: Учебник/ В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др.; под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.
3. Адерихин П.Г. Фосфор в почвах и земледелии Центрально-Черноземной полосы. Изд-во ВГУ: Воронеж, 1970. – 248 с.
4. Аюпов З. З., Анохина Н. С. Влияние приемов основной обработки почвы и удобрения на содержание и запасы общего гумуса и полифенолоксидазную активность чернозема выщелоченного // Вестник ОГУ. 2011. №12. – С. 374–375.
5. Безуглова О.С., Хырхырова М.М. Почвы Ростовской области. Ростов н/Д: ЮФУ, 2008. – 352 с.
6. Бирюкова О.А., Ельников И.И., Крыщенко В.С. Оперативная диагностика питания растений. Ростов/Д: Изд-во ЮФУ, 2010. – 168 с.
7. Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. М.: Наука, 1981. – 242 с.
8. Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Матвеев А.Г. Влияние типа почвы и её плотности на урожайность озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-Till в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Земледелие. 2017. № 2. – С. 19–22.
9. Медведева А.М., Бирюкова О.А., Ильченко Я.И., Кучеренко А.В., Кучменко Е.В. Содержание и запас гумуса в черноземе обыкновенном при использовании различных систем основной обработки // Успехи современного естествознания. 2018. №1. – С. 29–34.
10. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. – 61 с.
11. Минникова Т.В., Мокриков Г.В., Казеев К.Ш., Акименко Ю.В., Колесников С.И. Оценка зависимостей между гидротермическими показателями и ферментативной активностью черноземов Ростовской области при использовании различных агротехнологий // Агрофизика. 2017. – №1. – С. 9–17.
12. Мокриков Г.В., Казеев К.Ш., Акименко Ю.В., Мясникова М.А., Колесников С.И. Влияние технологии No-Till на эколого-биологическое состояние почв. Ростов-на-Дону; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. – 140 с.
13. Навольнева Е.В. Изменение свойств чернозёма типичного и урожайности культур в зависимости от удобрений, способов обработки почвы и севооборотов в юго-западной части ЦЧР: дис. ... канд. с/х. наук: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, Белгород, 2018. – 160 с.

14. Характеристики сортов растений, впервые включённых в 2010 году в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: официальное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2010. – 456 с.
15. Шапошникова И.М. Плодородие черноземов Юга России. Ростов-на-Дону, 2004. – 230 с.
16. Шеуджен А.Х. Агробиогехимия чернозема. Майкоп: ООО «Полиграф-ЮГ», 2018. – 308 с.
17. Medvedeva A.M., Biryukova O.A., Ilchenko Y.I., Minkina T.M., Kucherenko A.V., Bauer T.V., Mandzhieva S.S. and Mazarji M. Nitrogen state of Haplic Chernozem of the European part of Southern Russia in the implementation of resource-saving technologies // Journal of the Science of Food and Agriculture 2020. October, 101(6). DOI: 10.1002/jsfa.10852.
18. Medvedeva Anna, Buryukova Olga, Ilchenko Yaroslav, Minkina Tatyana, Kamenev Roman and Gülser Coşkun. The effect of No-Till technology on the mineral nitrogen content in the Lower Don Chernozem // E3S Web of Conferences Volume 169 (2020) Actual Problems of Ecology and Environmental Management: Cooperation for Sustainable Development and Environmental Safety (APEEM 2020) Moscow, Russia, 2020. V. 169. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016902014>
19. Menezes-Blackburn D., Giles C., Darch T., George T.S., Blackwell M., Stutter M., Shand C., Lumsdon D., Cooper P., Wendler R., Brown L., Almeida D.S., Wearing C., Zhang H., Haygarth P.M. Opportunities for mobilizing recalcitrant phosphorus from agricultural soils: a review Plant Soil, 427 (2018), pp. 5-16
20. Schneider K.D., Thiessen Martens J.R., Zvomuya F., Reid D.K., Fraser T.D., Lynch D.H., O'Halloran I.P., Wilson H.F. Options for improved phosphorus cycling and use in agriculture at the field and regional scales J. Environ. Qual., 48 (2019), pp. 1247–1264.

### **Spisok literary**

1. Agrohimicheskie metody issledovaniya pochv. Pod red. Sokolova A.V. – М.: Nauka, 1975. – 106 с.
2. Agrohimiya: Uchebnik/ V.G. Mineev, V.G. Sychev, G.P. Gamzikov i dr.; pod red. V.G. Mineeva. – М.: Izd-vo VNIIA im. D.N. Pryanishnikova, 2017. – 854 с.
3. Aderihin P.G. Fosfor v pochvah i zemledelii Central'no-CHernozemnoj polosy. - Izd-vo VGU: Voronezh, 1970. – 248 с.



4. Ayupov Z. Z., Anohina N. S. Vliyanie priemov osnovnoj obrabotki pochvy i udobreniya na sodержanie i zapasy obshchego gumusa i polifenoloksidaznuyu aktivnost' chernozema vshchelochennogo // Vestnik OGU. – 2011. – №12. – S. 374–375
5. Bezuglova O.S., Hyrhyrova M.M. Pochvy Rostovskoy oblasti. – Rostov n/D: YUFU, 2008. – 352 s
6. Biryukova O.A., El'nikov I.I., Kryshchenko V.S. Operativnaya diagnostika pitaniya rastenij. – Rostov/D: Izd-vo YUFU. - 2010. – 168 s.
7. Ginzburg K.E. Fosfor osnovnyh tipov pochv. - SSSR. M.: Nauka, 1981. – 242 s.
8. Dridiger V.K., Stukalov R.S., Matveev A.G. Vliyanie tipa pochvy i eyo plotnosti na urozhajnost' ozimoy pshenicy, vozdeleyvaemoj po tekhnologii no-till v zone neustojchivogo uvlazhneniya Stavropol'skogo kraja // Zemledelie. – 2017. – № 2. – S. 19–22.
9. Medvedeva A.M., Biryukova O.A., Il'chenko YA.I., Kucherenko A.V., Kuchmenko E.V. Soderzhanie i zapas gumusa v chernozeme obyknovennom pri ispol'zovanii razlichnyh sistem osnovnoj obrabotki // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2018. - №1. – S. 29–34.
10. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhelyh metallov v pochvah sel'hozogodij i produkcii rastenievodstva. – M.CINAO. - 1992. – 61 s.
11. Minnikova T.V., Mokrikov G.V., Kazeev K.SH., Akimenko YU.V., Kolesnikov S.I. Ocenka zavisimostej mezhdru gidrotermicheskimi pokazatelyami i fermentativnoj aktivnost'yu chernozemov rostovskoy oblasti pri ispol'zovanii razlichnyh agrotekhnologij // Agrofizika. – 2017. – №1. – S. 9–17.
12. Mokrikov G.V., Kazeev K.SH., Akimenko YU.V., Myasnikova M.A., Kolesnikov S.I. Vliyanie tekhnologii No-Till na ekologo-biologicheskoe sostoyanie pochv. Rostov-na-Donu; Taganrog : Izdatel'stvo YUzhnogo federal'nogo universiteta, 2017. – 140 s.
13. Navol'neva E.V. Izmenenie svojstv chernozyoma tipichnogo i urozhajnosti kul'tur v zavisimosti ot udobrenij, sposobov obrabotki pochvy i sevooborotov v yugo-zapadnoj chasti CCHR: dis. ... kand. s/h. nauk: FGBOU VO Belgorodskij GAU, Belgorod, 2018. - 160 s.
14. Harakteristiki sortov rastenij, v pervye vklyuchyonnyh v 2010 godu v Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushchennyh k ispol'zovaniyu: oficial'noe izdanie. - M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2010. - 456 s.
15. Shaposhnikova I.M. Plodorodie chernozemov YUga Rossii. – Rostov-na-Donu, 2004. – 230 s.
16. Sheudzen A.H. Agrobiogeohimiya chernozema. – Majkop: OOO «Poligraf-YUG», 2018.- 308 s.

17. Medvedeva AM, Biryukova OA, Ilchenko YI, Minkina TM, Kucherenko AV, Bauer TV, Mandzhieva SS and Mazarji M, Nitrogen state of Haplic Chernozem of the European part of Southern Russia in the implementation of resource-saving technologies // J Sci Food Agric 2020. October, 101(6). DOI: 10.1002/jsfa.10852
18. Medvedeva Anna, Buryukova Olga, Ilchenko Yaroslav, Minkina Tatyana, Kamenev Roman and Gülser Coşkun. The effect of No-till technology on the mineral nitrogen content in the Lower Don Chernozem // E3S Web of Conferences Volume 169 (2020) Actual Problems of Ecology and Environmental Management: Cooperation for Sustainable Development and Environmental Safety (APEEM 2020) Moscow, Russia, 2020. V. 169. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016902014>
19. Menezes-Blackburn D., Giles C., Darch T., George T.S., Blackwell M., Stutter M., Shand C., Lumsdon D., Cooper P., Wendler R., Brown L., Almeida D.S., Wearing C., Zhang H., Haygarth P.M. Opportunities for mobilizing recalcitrant phosphorus from agricultural soils: a review Plant Soil, 427 (2018), pp. 5-16.
20. Schneider K.D., Thiessen Martens J.R., Zvomuya F., Reid D.K., Fraser T.D., Lynch D.H., O'Halloran I.P., Wilson H.F. Options for improved phosphorus cycling and use in agriculture at the field and regional scales J. Environ. Qual., 48 (2019), pp. 1247–1264.