

ВЛИЯНИЕ МИНИМИЗАЦИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ И ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ

М. М. Ильясов, И. М. Суханова, И. А. Яппаров, Л. М.-Х. Биккинина
*Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения,
ФИЦ Казанский научный центр РАН,
420059, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 20а
E-mail: Ilyasovmars@mail.ru*

Поступила в редакцию 10 апреля 2019 г. принята к печати 28 августа 2019 г.

В работе представлены результаты оценки структурно-агрегатного состояния и плотности сложения чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого, подверженного различным способам минимальной основной обработки почвы на минеральном и органо-минеральном фоне удобрений. Агрофизические свойства считаются основными показателями плодородия почв, поэтому их изменение неизбежно отражается на продуктивности пашни. Установлено, что применение ярусной системы обработки почвы способствовало повышению коэффициента структурности почвы, оптимизации плотности ее сложения и увеличению урожайности сельскохозяйственных культур. Исследования проводились в 2011–2016 гг. в рамках полевых экспериментальных опытов в Буинском районе Республики Татарстан. Отмечено, что периодическое перемещение вниз верхней части пахотного слоя и глубокое рыхление выщелоченного чернозема в системе способствовали улучшению водно-физических свойств тяжелосуглинистого выщелоченного чернозема: запас продуктивной влаги в метровом слое увеличился до 20%, плотность сложения почвы в слое 0–40 см снизилась на 0,06–0,08 г см⁻³. Применение органо-минеральной системы удобрений благоприятно отразилось на структуре почвы – при ярусной и чизельной системах обработки почвы агрегаты характеризовались большей водопрочностью и в меньшей степени подвергались разрушающему действию воды. Увеличение водопрочности агрегатов произошло за счет повышения содержания агрономически ценных структурных отдельностей и снижения количества фракций размером <0,25 см, а также более высокого содержания гумуса по фону. Рекомендуется включить в комбинированную ресурсосберегающую систему обработки почв периодическую двухъярусную вспашку или глубокую чизельную обработку один раз за ротацию севооборота с последующей мелкой обработкой (БДТ-7).

Ключевые слова: минеральная и органо-минеральная система удобрения, ресурсосберегающая основная обработка почвы, минимизация, агрофизические свойства почвы, урожайность, рентабельность.

INFLUENCE OF MINIMIZATION OF MAIN TREATMENT AND ORGANIC-MINERAL SYSTEM OF FERTILIZERS ON AGROPHYSICAL PROPERTIES OF BLACK EARTH SOIL

М. М. Il'yasov, I. M. Sukhanova, I. A. Yapparov, L. M.-H. Bikkinina
*Tatar Scientific Research Institute of Agrochemistry and Soil Science,
FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences,
20a, Orenburgskiy highway, Kazan, 420059, Russia
E-mail: Ilyasovmars@mail.ru*

The paper presents the results of the structure state and bulk density assessment of leached loam clay chernozem with minimum tillage with various tools on the mineral and organo-mineral backgrounds of fertilization. Agrophysical properties are considered to be main indicators of soil fertility, therefore, their change inevitably affects the productivity of arable lands. It was established that the tier system of tillage contributed to an increase in the soil structure coefficient, optimization of the soil bulk density and increase in agricultural crop yields. The studies were conducted in 2011–2016 in the framework of field experiments in the Buinsky region of the Republic of Tatarstan. It was shown that the periodic downward movement of the upper part of the arable layer and the deep loosening of leached chernozem contributed to the improvement of the soil water-physical properties: the supply of productive moisture in the meter layer increased to 20%, the bulk density of the soil in the 0–40 cm layer decreased by 0,06–0,08–g–cm⁻³. Organo-mineral fertilizer system had a positive effect on the soil structure – with the longline and chisel tillage systems the aggregates had higher water resistance and were subjected to the destructive action of water to a lesser extent. The increase in water resistance was due to an increase in the content of agronomically valuable aggregates and a decrease in the number of fractions <0.25 cm in size, as well as due to higher humus content in the background. It is recommended to include periodic bunk plowing or deep chisel treatment once per crop rotation followed by shallow cultivation in the combined resource-saving soil treatment system.

Key words: mineral and organo-mineral fertilizer system, resource-saving primary tillage, minimization, agrophysical properties of the soil, yield, profitability.

ВВЕДЕНИЕ

Обработка почвы – важное звено системы земледелия. Механическое воздействие на почву оказывает существенное влияние на её агрофизические, физико-химические и биологические свойства (Борин и др., 2018). Пути совершенствования систем основной обработки почвы, проблемы снижения энергозатрат, степень адаптивности различных способов обработки почвы к конкретным условиям, накопление и сохранение продуктивной влаги, снижение засорённости и оптимизация фитосанитарного состояния посевов, агрофизических и агрохимических показателей почвы продолжают оставаться актуальными вопросами земледелия (Волков и др., 2008).

Имеющиеся данные о динамике структуры почвы верхней и нижней частей пахотного слоя свидетельствуют о том, что ежегодное оборачивание пахотного слоя (то есть ежегодная вспашка с отвалами и предплужниками) необязательно для улучшения структуры почвы (Кирдин, 2001; Чижевский, 1960).

По данным многочисленных исследований, в результате интенсивной обработки почвы в условиях острого дефицита органического вещества в ней интенсивно протекают процессы рыхления микро- и макроагрегатов. На это указывают многие современные исследователи (Максютов и др., 2011; Минеев и др., 2011; Понамарева, 1980).

Снижение материальных, трудовых и энергетических затрат в системе обработки почвы в севооборотах возможно при сокращении или исключении некоторых приёмов, в частности при применении комбинированных почвообрабатывающих орудий, выполняющих за один проход несколько операций, если это не оказывает отрицательного действия на плодородие и урожайность культур. Установление оптимальной кратности чередования глубоких, классических и поверхностных обработок в ротации также является важной энергосберегающей мерой (Рябов, 2003).

Оценка почвенной структуры и формирующих ее процессов связана, с одной стороны, с биологической ролью почвы как среды обитания растений. С другой стороны, почвенная структура зависит от уровня деграционных процессов, протекающих в почве, а также от способов механического воздействия. Многие важнейшие с агрономической точки зрения водно-физические свойства почвы (водопроницаемость, плотность сложения, водный режим и др.), как показали ранее проведенные исследования, находятся в функциональной связи с агрегатным составом почвы (Ильясов и др., 2013).

С точки зрения авторов, принципиально важным является то, что освоение новых технологий должно носить комплексный и переходный характер. В связи с этим цель настоящей работы заключалась в

том, чтобы определить оптимальную глубину и строение профиля пахотного слоя, а также периодичность глубокой обработки в системе, обеспечивающей улучшение агрофизических свойств черноземной почвы, воспроизводство элементов плодородия и благоприятные условия минерального питания растений.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в течение шести лет на опытном поле института в Буинском районе РТ с использованием методики постановки опытов Б. А. Доспехова (1985).

Почва — тяжелосуглинистый выщелоченный чернозем со следующими исходными показателями: органическое вещество – 5,9%; P_2O_5 – 117 мг $кг^{-1}$ почвы; K_2O – 124 мг $кг^{-1}$ почвы; гидролитическая кислотность – 3,4 мг-экв. 100 $г^{-1}$ почвы; $pH_{сол.}$ – 5,4; сумма поглощенных оснований – 42,3 мг-экв. 100 $г^{-1}$ почвы.

Проведены определения содержания в почве органического вещества — по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26213-91; подвижных форм фосфора и калия — по методу Чирикова в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26204-91; гидролитической кислотности — по методу Каппена в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26212-91; $pH_{КСI}$ – по методу ЦИНАО, ГОСТ-26483-85; суммы поглощенных оснований – по методу Каппена, ГОСТ 27821-88; фракционирования почвы в воздушно-сухом состоянии и водопрочности агрегатов — методом мокрого просеивания по Н. И. Саввинову; плотность сложения почвы металлическими цилиндрами – по методу Б. А. Доспехова (1977).

Повторность вариантов трехкратная. Площадь делянок $4,20 \times 50 \text{ м} = 210 \text{ м}^2$, учетная площадь $4 \times 25 \text{ м} = 100 \text{ м}^2$. Число вариантов – 10. Размещение вариантов рендомизированное. Для определения исходных агрохимических и агрофизических показателей почвенного плодородия отобраны почвенные образцы с глубины пахотного слоя.

Статистическая обработка результатов проведена с помощью электронных таблиц Excel.

Системы зяблевой обработки почвы изучались на двух фонах удобрений – минеральная система удобрения (МСУ) и органо-минеральная система удобрения (ОМСУ) – по следующей схеме: 1) ежегодная отвальная вспашка на 25 см (контроль); 2) отвальная вспашка на 25 см; 3) плоскорезное рыхление на 32 см; 4) ярусная вспашка, мощность ярусов 0–13 см и 13–25 см; 5) чизельное рыхление на 40 см в сочетании с последующими мелкими обработками (МО) на 10–12 см. Фоны удобрений определялись расчетно-балансовым методом. В 2011 г. в паровое поле внесено 60 т $га^{-1}$ навоза. Последовательность культур в севообороте: чистый пар – озимая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень – кукуруза – однолетние травы (табл. 1).

Таблица 1. Система основной обработки почвы в севообороте после уборки культур

№ вар.	Чистый пар	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Ячмень	Кукуруза	Однолетние травы
годы	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Минеральная система удобрений						
1	В-25	В-25	В-25	В-25	В-25	В-25
2	В-25	М-10	М-10	М-10	М-10	В-25
3	Р-32	М-10	М-10	М-10	М-10	Р-32
4	Я-25	М-10	М-10	М-10	М-10	Я-25
5	Ч-40	М-10	М-10	М-10	М-10	Ч-40
Органо-минеральная система удобрений						
1	В-25	В-25	В-25	В-25	В-25	В-25
2	В-25	М-10	М-10	М-10	М-10	В-25
3	Р-32	М-10	М-10	М-10	М-10	Р-32
4	Я-25	М-10	М-10	М-10	М-10	Я-25
5	Ч-40	М-10	М-10	М-10	М-10	Ч-40

Условные обозначения: М-10 – мелкая обработка на 10–12 см; В-25 – отвальная вспашка на 25 см; Р-32 – плоскорезное рыхление на 32 см; Я-25 – ярусная вспашка на 25 см, мощность ярусов 0–13 см и 13–25 см; Ч-40 – чизельное рыхление на 40 см.

В обсуждении результатов исследований представлены усредненные данные за 2011-2016 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Система обработки почвы и чередование возделываемых культур в севообороте являются важнейшими факторами изменения агрофизических свойств пахотного слоя. Плотность сложения почвы в значительной степени определяет ее водный, воздушный и питательный режимы, а также активность микробиоценоза. Помимо технологических приемов выращивания возделываемых культур и обработки почвы, объемная масса почвы в опытах также зависела от содержания органического вещества и структурности почвы. Известно, что каждому виду растений соответствует оптимальная плотность сложения почвы, при которой создаются благоприятные условия для формирования урожая.

Для тяжелосуглинистых черноземов верхним пределом оптимума плотности в пахотном слое является $1,3 \text{ г см}^{-3}$. При этом общая пористость почвы снижается, что заметно сказывается на содержании воздухоносных и влагопроводящих пор. Способы и глубина основной обработки оказывали различное влияние на формирование обрабатываемого слоя и, соответственно, на сложение почвы в течение вегетационного периода.

Определение плотности сложения почвы перед уборкой сельскохозяйственных культур показало, что внесение высоких доз навоза в начале исследований (ОМСУ) на фоне ярусной и ежегодной отвальной вспашки способствовало улучшению структурного состояния почвы, а также заметному снижению плотности ее сложения, особенно в верхних (0-20 см) горизонтах почвы (табл. 2).

Таблица 2. Влияние различных систем основной обработки и удобрений на плотность сложения почвы перед уборкой культур, г см^{-3}

Варианты опыта	Глубина, см				
	0–10	10–20	20–30	30–40	0–40
Минеральная система удобрения					
Ежегодная отвальная вспашка (контроль)	1,11	1,21	1,27	1,39	1,24
Отвальная вспашка ± МО	1,11	1,23	1,34	1,40	1,27
Плоскорезное рыхление ± МО	1,14	1,25	1,36	1,42	1,29
Ярусная вспашка ± МО	1,10	1,19	1,24	1,32	1,21
Чизельное рыхление ± МО	1,14	1,20	1,27	1,28	1,22
НСР ₀₅	0,02	0,02	0,04	0,05	0,03
Органо-минеральная система удобрения					
Ежегодная отвальная вспашка (контроль)	1,08	1,21	1,24	1,37	1,22
Отвальная вспашка ± МО	1,13	1,18	1,30	1,36	1,24
Плоскорезное рыхление ± МО	1,08	1,20	1,27	1,35	1,22
Ярусная вспашка ± МО	1,03	1,17	1,24	1,30	1,19
Чизельное рыхление ± МО	1,13	1,21	1,23	1,26	1,20
НСР ₀₅	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03

При ОМСУ и ежегодной отвальной вспашке к уборке урожая плотность сложения почвы в слое 0–40 см составляла 1,22 г см⁻³, при обработке с ярусной вспашкой она снижалась на 2,5%, а при глубокой чизельной обработке — на 1,6%. Увеличение глубины чизелевания до 40 см способствовало снижению плотности почвы в течение всей вегетации, особенно в слое 30–40 см на глубине хода лапы чизеля.

В результате использования навоза в дозе 60 т га⁻¹ перед ротацией севооборота происходило снижение плотности сложения почвы (0–40 см) по сравнению с минеральной системой от 0,02 до 0,07 г см⁻³. Таким образом, наиболее оптимальное сложение пахотного слоя создавалось при органо-минеральной системе удобрений.

Оценка структуры почвы связана, с одной стороны, с биологической ролью почвы как среды обитания растений, почвенных беспозвоночных и микроорганизмов. С другой стороны, структура почвы зависит от уровня протекающих в ней процессов деградации, а также от способов ее обработки. В системе с ярусной и чизельной обработками существенно увеличилось содержание в почве

фракций размером 10–5 и 3–1 мм. При отвальной вспашке отмечены более низкие показатели оструктуренности почвы, на что указывает снижение коэффициента структурности (1,3 и 1,5). При ярусной и чизельной обработках один раз за ротацию севооборота показатель значительно выше — на 61% и 27% (табл. 3). Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что различные системы основной обработки почвы оказывали влияние на естественные процессы структурообразования и приводили к изменению содержания агрономически ценных агрегатов размером от 10,0 до 0,25 мм.

Отмечено, что агрегаты при ярусной и чизельной системах обработки почвы характеризовались большей водопрочностью и в меньшей степени подвергались разрушающему действию воды. В указанных вариантах проявилась тенденция к увеличению коэффициента водопрочности за счет повышения содержания агрономически ценных частиц и снижения количества фракций размером <0,25 см, что объясняется более высоким содержанием гумуса (табл. 4).

Таблица 3. Структурно-агрегатный состав почвы в зависимости от систем основной обработки и ОМСУ в слое 0–40 см

Варианты опыта	Размер агрегатов (мм) и их содержание, % от массы почвы (сухой рассев)						Коэфф. струк-ти
	>10	10–5	5–3	3–1	1–0,25	<0,25	
Ежегодная отвальная вспашка (контроль)	39,8	20,3	21,6	12,7	2,6	3,0	1,3
Отвальная вспашка ± МО	39,6	20,2	20,2	13,6	3,1	3,3	1,5
Плоскорезное рыхление ± МО	41,5	19,0	17,7	12,1	6,3	3,4	1,2
Ярусная вспашка ± МО	30,7	27,3	19,9	17,2	3,2	1,7	1,9
Чизельное рыхление ± МО	29,7	23,1	23,2	16,6	5,4	2,0	2,1
НСР ₀₅	3,97	2,23	2,29	2,53	0,47	0,32	

Таблица 4. Структурно-агрегатный состав почвы в зависимости от систем основной обработки и ОМСУ в слое 0–40 см

Варианты опыта	Размер агрегатов (мм) и их содержание, % от массы почвы (мокрый рассев)				Коэффициент водопрочности
	5–3	3–1	1–0,25	<0,25	
Ежегодная отвальная вспашка (контроль)	0,5	5,6	31,9	62,0	0,6
Отвальная вспашка ± МО	0,6	6,8	32,6	60,0	0,6
Плоскорезное рыхление ± МО	0,6	5,8	31,4	62,2	0,6
Ярусная вспашка ± МО	0,3	11,0	37,9	50,8	0,9
Чизельное рыхление ± МО	0,3	8,9	32,9	57,9	0,7
НСР ₀₅	0,29	0,88	2,26	2,85	

Основная обработка является мощным фактором антропогенного воздействия на пахотный слой почвы. Недостаточная изученность различных систем основной обработки почвы в представленной природно-климатической зоне может привести к недобору урожая.

Средняя урожайность сельскохозяйственных культур при МСУ была выше в варианте с ярусной вспашкой и составляла 3,53 т га⁻¹ зерн.ед., в варианте с чизельной вспашкой – 3,22 т га⁻¹ зерн.ед., прибавка по отношению к контролю составила 28% и 17% соответственно (табл. 5).

Таблица 5. Влияние различных систем основной обработки почвы и удобрений на урожайность культур, т га⁻¹ зерн.ед.

Варианты опыта	Урожайность культур	Прибавка урожая, ±/–	Уровень рентабельности, %
	Минеральная система удобрения		
Ежегодная отвальная вспашка (контроль)	2,75	–	17,2
Отвальная вспашка ± МО	2,81	±0,06	21,2
Плоскорезное рыхление ± МО	2,92	±0,17	33,4
Ярусная вспашка ± МО	3,53	±0,78	38,6
Чизельное рыхление ± МО	3,22	±0,47	35,8
НСР ₀₅	0,16		
Органо-минеральная система удобрения			
Ежегодная отвальная вспашка (контроль)	3,23	–	25,3
Отвальная вспашка ± МО	3,15	–0,08	33,4
Плоскорезное рыхление ± МО	3,28	±0,05	34,8
Ярусная вспашка ± МО	3,91	±0,68	44,7
Чизельное рыхление ± МО	3,62	±0,39	40,1
НСР ₀₅	0,18		

Применение ОМСУ способствовало повышению урожайности культур по вариантам до 14% по сравнению с МСУ. При ярусной и чизельной обработках получена наибольшая прибавка урожая по отношению к контролю (21% и 12% соответственно).

Эффективность аграрного производства, в том числе производства зерна, во многом зависит от качества обработки почвы, поскольку данная производственная операция остается одной из наиболее затратных и энергоемких. Важнейшим критерием оценки различных систем основной обработки почвы является рентабельность производства, которая проявляется в повышении урожайности сельскохозяйственных культур, валового сбора продукции, производительности труда и, следовательно, снижении себестоимости единицы продукции.

ВЫВОДЫ

Периодическое перемещение вниз верхней части пахотного слоя и глубокое рыхление выщелоченного чернозема в системе способствовали улучшению физических свойств тяжелосуглинистого выщелоченного чернозема — плотность сложения почвы в слое 0-40 см снизилась на 0,06-0,08 г см⁻³.

При ежегодной отвальной вспашке отмечены более низкие показатели оструктуренности, о чем свидетельствует низкий коэффициент структурности (1,3 и 1,5). При ярусной и чизельной обработках один

раз за ротацию севооборота показатели структурности были выше на 61% и 27%. В указанных вариантах проявилась тенденция к увеличению коэффициента водпрочности за счет повышения содержания агрономически ценных частиц и снижения количества фракций размером <0,25 см, что можно объяснить более высоким содержанием гумуса.

Применение ОМСУ способствовало повышению урожайности культур по вариантам до 14% по сравнению с МСУ. При ярусной и чизельной обработках получена наибольшая прибавка урожая по отношению к контролю (21% и 12% соответственно).

Минимизация основной обработки почвы обеспечила снижение себестоимости основной продукции по сравнению с традиционной отвальной вспашкой до 12%, рост чистого дохода с 1 га до 15% и уровень рентабельности до 22%.

Практическая ценность работы заключается в создании высокоэкономичной, ресурсосберегающей системы основной обработки черноземной почвы в паро-зернопропашном севообороте. Результаты исследований внедрены в хозяйствах РТ на площади более 150 тыс. га.

Список литературы

- Борин А.А., Лощинина А.Э. Влияние различных систем обработки почвы на её агрофизические свойства и урожайность культур севооборота // *Агрофизика*. 2018. № 3. С. 1-6.
- Волков А.И., Кириллов Н.А. Эффективность ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2008. № 9. С. 12-14.
- Ильясов М.М., Габдрахманов И.Х., Яппаров А.Х., Шаронова Н.Л. Влияние ресурсосберегающей обработки выщелоченного чернозема на водно-физические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур в полевом севообороте в условиях Республики Татарстан // *Достижения науки и техники АПК*. 2013. № 2. С. 8-10.
- Кирдин В.Ф. Производство зерна – высокие технологии // *Агрохимический вестник*. 2001. № 1. С. 9-10.
- Максютов Н.А., Жданов В.М. Плодородие почв и основные приемы его сохранения и повышения // *Земледелие*. 2011. № 8. С. 22–23.
- Минеев В.Г., Гамонова Н.Ф. Действие и последствие удобрения на плодородие дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы // *Агрохимия*. 2005. № 1. С. 5–12.
- Понамарева В.В. Гумус и почвообразование. М.: Наука, 1980. С. 20–21.
- Рябов Е.И. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур (Минимальная почвозащитная обработка, удобрения, пестициды, машины и орудия). Ставрополь: Изд-во СтГАУ «Агрус», 2003. С. 152–155.
- Чижевский М.Г. О системах обработки почвы в дерново-подзолистой зоне // *Земледелие*. 1956. № 11. С. 22–25.

References

- Borin A.A., Loschinina A.E. Vliyaniye razlichnykh sistem obrabotki pochvy na yeyo agrofizicheskiye svoystva i urozhaynost' kul'tur sevooborota [The Influence of different tillage systems on its agrophysical properties and crop yield] // *Agrophyzika*, 2018, no. 3, pp. 1–6.
- Volkov A.I., Kirillov N.A. Effektivnost' resursosberegaiushchikh tekhnologii vzdelyvaniia zernovykh kul'tur [The effectiveness of resource-saving technologies of cultivation of grain crops] // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2008, no. 9, pp. 12–14.
- Ilyasov M.M., Gabdrakhmanov I.Kh., Iapparov A.Kh., Sharonova N.L. Vliianie resursosberegaiushchei obrabotki vyshchelochennogo chernozema na vodno-fizicheskie svoystva pochvy i urozhainost' sel'skokhoziaistvennykh kul'tur v polevom sevooborote v usloviakh Respubliki Tatarstan [The impact of resource-saving processing of leached chernozem on the water-physical properties of the soil and crop yields in field crop rotation in the Republic of Tatarstan] // *Dostizheniia nauki i tekhniki APK*, 2013, no. 2, pp. 8–10.
- Kirdin V.F. *Proizvodstvu zerna – vysokie tekhnologii* [High technology for grain production] // *Agrokhimicheskii vestnik*, 2001, no. 1, pp. 9–10.
- Maksiutov N.A., Zhdanov V.M. *Plodorodie pochv i osnovnye priemy ego sokhraneniia i povysheniia* [Soil fertility and the main methods of its conservation and increase] // *Zemledelie*, 2011, no. 8, pp. 22–23.
- Mineev V.G., Gamonova N.F. *Deistvie i posledestvie udobreniia na plodorodie dernovo-podzolistoi srednesuglinistoi pochvy* [Action and aftereffect of fertilizer on the fertility of sod-podzolic medium loamy soil] // *Agrokhimiia*, 2005, no. 1, pp. 5–12.
- Ponamareva V.V. *Gumus i pochvoobrazovanie* [Humus and soil formation]. Moscow: Nauka, 1980. pp. 20–21.
- Riabov E.I. *Resursosberegaiushchie tekhnologii vzdelyvaniia sel'skokhoziaistvennykh kul'tur (Minimal'naia pochvozashchitnaia obrabotka, udobreniia, pestitsidy, mashiny i orudiia)* [Resource-saving technologies of cultivation of agricultural crops (Minimum soil protection processing, fertilizers, pesticides, machines and tools)]. Stavropol': Publishing «Agrus», 2003. pp. 152–155.
- Chizhevskii M.G. *O sistemakh obrabotki pochvy v dernovo-podzolistoi zone* [Tillage systems in the sod-podzolic zone] // *Zemledelie*, 1956, no. 11, pp. 22–25.