

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЕЕ АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА

А. А. Борин, А. Э. Лощинина
ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА,
ул. Советская, 45, г. Иваново, 153012
E-mail: alinalowinina@gmail.com

Поступила в редакцию 12 февраля 2018 г., принята к печати 28 августа 2018 г.

На типичных для большинства хозяйств Ивановской области дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах были изучены системы обработки почвы в стационарном полевом севообороте со следующим чередованием культур: пар чистый – озимая пшеница – овес + клевер – клевер – озимая рожь – картофель – ячмень. Сравнивались четыре системы обработки почвы: отвальная (общепринятая), плоскорезная (ресурсосберегающая), комбинированная (отвально-плоскорезная) и мелкая (ресурсосберегающая). Установлено, что почвы в полях под чистым паром и картофелем характеризовались более рыхлым сложением, а почвы под озимыми культурами и клевером – более высокой плотностью сложения. Самые высокие показатели плотности сложения почвы были отмечены при мелкой обработке. Аналогичная закономерность выявлена при определении твердости почвы. Плоскорезная и мелкая обработки оказали положительное влияние на сохранение влаги в почве. Запасы продуктивной влаги при этих обработках, в среднем по культурам севооборота, были, соответственно, на 1,8 и 1,4 мм выше по сравнению с отвальной обработкой. При отвальной системе обработки почвы характеризовались лучшими показателями структурно-агрегатного состава – содержанием агрономически ценных водопрочных агрегатов и коэффициентом структурности. Показатели биологической активности почвы были выше при отвальной и плоскорезной системах обработки. Плоскорезная и комбинированная обработки почвы способствовали повышению урожайности культур севооборота на 0,09 и 0,04 т га⁻¹, в то время как мелкая обработка привела к ее снижению на 0,47 т га⁻¹.

Ключевые слова: обработка почвы, ресурсосбережение, агрофизика, урожайность.

INFLUENCE OF VARIOUS SOIL TILLAGE SYSTEMS ON SOIL AGROPHYSICAL PROPERTIES AND YIELDS IN CROP ROTATION

A. A. Borin, A. E. Loshchinina
Ivanovo State Agricultural Academy named after D. K. Belyaev,
45 Sovetskaya St., Ivanovo, 153012
E-mail: alinalowinina@gmail.com

Different soil tillage systems of the sod-podzolic light loamy soils, typical for the most farms of Ivanovo region, were studied in a field experiment. The experiment was carried out in a stationary field crop rotation with the following alternation of crops: bare fallow – winter wheat – oats + clover – clover – winter rye – potato – barley. Four tillage treatments were compared: moldboard plowing (commonly used practice), flat plowing (resource-saving), combined (moldboard plowing, flat plowing) and shallow plowing. It was found that the soils in the fields under bare fallow and potatoes were characterized by the lowest values of the soil bulk density while the soils under winter crops and clover had the higher bulk density. The highest soil bulk density was observed at the shallow plowing. The similar results were received when the soil penetration resistance was studied. The flat and shallow plowing had a positive effect on the conservation of moisture in the soil. The reserves of productive moisture at the flat and shallow plowing, on average for the crop rotation, were, respectively, 1.8 and 1.4 mm higher compared to the moldboard plowing. At the moldboard plowing the soils were characterized by the best indicators of the structural-aggregate composition (the content of agronomically valuable water-stable aggregates and the structural coefficient). Indicators of biological activity of the soil were higher at the moldboard and flat plowing. The flat and combined plowing promoted an increase in the crop yields by 0.09 and 0.04 t ha⁻¹, respectively, while shallow plowing led to a decrease in the crop yields by 0.47 t ha⁻¹.

Key words: soil treatment, resource-saving, agrophysics, yield.

ВВЕДЕНИЕ

Обработка почвы – важное звено системы земледелия. Механическое воздействие на почву оказывает существенное влияние на ее агрофизические, физико-химические и биологические

свойства (Оленченко, Рижия и др., 2012; Бойцова, 2016; Перфильев, Вьюшина и др., 2017).

Поскольку обработка почвы является наиболее затратным процессом технологии возделывания сельскохозяйственных культур, она, безусловно,

должна быть оптимальной как в техническом, так и в экономическом плане (Листопадов, Гаевая и др., 2013).

Вопрос о том, какой способ обработки почвы – вспашка с оборотом пласта, безотвальное рыхление или мелкая поверхностная обработка – является наиболее предпочтительным, рассматривается в течение длительного времени. Нередко тот или иной способ расценивается как универсальный, т.е. подходящий для любых условий, причем сдвиг в сторону минимализации носит явно выраженный экономический характер. При этом эффективность системы обработки почвы в большинстве случаев изучается при возделывании отдельных культур и значительно реже – в севообороте (Рзаева, 2013).

Традиционным приемом обработки почвы в условиях Верхневолжья является отвальная вспашка, при которой обеспечиваются рыхление почвы на глубину пахотного слоя, оборачивание, а также заделка растительных остатков, семян сорняков, вредителей и возбудителей болезней. Рядом исследователей (Еськов, Русакова, 2013; Кульков и др., 2013) установлено, что замена вспашки плоскорезной и мелкой обработкой способствует насыщению верхнего слоя почвы растительными остатками, что повышает водоудерживающую способность почвы и препятствует испарению влаги. Однако данные системы обработки имеют ряд недостатков, связанных с трудностями с заделкой в почву органических удобрений, слабым крошением обрабатываемого слоя и недостаточно эффективной борьбой с сорняками, болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур (Борин, Лощинина, 2015).

В настоящее время в Верхневолжском регионе наиболее актуальной является проблема накопления и правильного использования органического вещества почвы, обусловленная резким сокращением внесения органических и минеральных удобрений в последние годы (Лошаков, 2013; Шрамко, Вихорева, 2013). Одним из путей решения проблемы повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур является совершенствование технологии обработки почвы в севообороте.

Цель исследований заключалась в том, чтобы изучить различные системы обработки почвы (отвальную, плоскорезную, комбинированную и мелкую) и установить их влияние на агрофизические свойства почвы, развитие растений и урожайность культур севооборота. В задачи исследований входило изучение динамики изменения агрофизических и биологических показателей плодородия почвы и выявление их взаимосвязи с ростом, развитием и урожайностью полевых культур.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в 2013–2017 гг. в стационарном полевом севообороте кафедры агрохимии и земледелия Ивановской ГСХА со следующим чередованием культур: пар чистый – озимая пшеница – овес с подсевом клевера лугового – клевер луговой – озимая рожь – картофель – ячмень.

Севооборот заложен в 1989 г., развернут во времени и пространстве.

Почва – дерново-подзолистая легкосуглинистая. Пахотный слой мощностью 20–22 см перед закладкой опыта характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,10%, $pH_{\text{кол}}$ – 5,7, сумма поглощенных оснований – 17 мг-экв. 100 г^{-1} почвы, подвижных форм фосфора – 200 мг кг^{-1} почвы, обменного калия – 185 мг кг^{-1} почвы. Равновесная плотность почвы составляла $1,46 \text{ г см}^{-3}$, твердость – $14,4 \text{ кг см}^{-2}$.

Общая площадь севооборота – 6 га, расположение – 4-х ярусное, в каждом ярусе 28 делянок – 7 полей в 4-х кратном повторении с размещением культур согласно схеме севооборота.

В севообороте изучались четыре системы обработки почвы: ежегодная отвальная – общепринятая для Верхневолжья (контроль), ежегодная плоскорезная (ресурсосберегающая), ежегодная комбинированная (отвально-плоскорезная) и ежегодная мелкая (ресурсосберегающая):

1. Отвальная (Отв.) – вспашка на глубину 20–22 см плугом ПЛН-3-35, предпосевная культивация на 10–12 см КПС-4 + БЗТС-1.

2. Плоскорезная (Пл.) – обработка без оборачивания почвы плоскорезом-глубокорыхлителем КПП-2,2 на 20–22 см, предпосевная культивация на 10–12 см противоэрозионным культиватором КПЭ-3,8, обработка БИГ-3.

3. Комбинированная (Кмб.) – вспашка на 20–22 см плугом ПЛН-3-35, предпосевная культивация на 10–12 см КПЭ-3,8, обработка БИГ-3.

4. Мелкая (Млк.) – дискование на 14–16 см БДТ-3, предпосевная культивация на 10–12 см КПС-4 + БЗТС-1.

Удобрения вносились следующим образом: под озимые зерновые – $(NPK)_{30}$ как основное и N_{30} в качестве подкормки; под яровые зерновые – $(NPK)_{30}$ перед посевом; под картофель – $(NPK)_{60}$ перед посадкой; под клевер – N_{30} в качестве подкормки. Навоз в дозе 40 т га^{-1} вносился в паровое поле один раз за ротацию севооборота.

Все учеты, наблюдения и анализы проводились по общепринятым методикам: плотность по слоям 0–10 и 10–20 см определялась объемно-весовым методом по Долгову (1986); влажность почвы – термостатно-весовым методом; расчет запаса продуктивной влаги осуществлялся по Доспехову (1987); макро-агрегатный анализ почвы – методом Саввинова (1986); водопрочность агрегатов определялась по Бакшееву (1969); твердость почвы – твердомером Голубева (1987); строение пахотного слоя – методом насыщения почвы в цилиндрах по Доспехову (1987); разложение клетчатки – аппликационным методом по Востровой и Петровой (1961); продуцирование углекислого газа из почвы – методом Штатнова (1987); численность дождевых червей – методом почвенных раскопок. Математическая обработка результатов исследований проводилась при помощи метода дисперсионного анализа по Кирюшину (2013).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обработка почвы оказывает влияние на изменение агрофизических характеристик – плотности, запасов продуктивной влаги, твердости, строения пахотного слоя и др.

Плотность. Исследования показали, что наиболее рыхлое сложение пахотного слоя при выращивании сельскохозяйственных культур отмечается после проведения основной обработки почвы: показатель плотности составляет 1,20–1,22 г см⁻³ (НСР₀₅ = 0,01) при отвальной и комбинированной обработках и 1,25–1,27 г см⁻³ (НСР₀₅ = 0,02) – при плоскорезной и мелкой. Предпосевные обработки незначительно (на 0,02–0,10 г см⁻³) изменяют плотность почвы. В дальнейшем под действием факторов уплотнения почва стремится к равновесному состоянию. Следует отметить, что скорость оседания и уплотнения почвы была выше при отвальной обработке, чем при плоскорезной. Самые высокие показатели плотности почвы отмечены при мелкой обработке.

В течение вегетационного периода при всех системах обработки наименьшая плотность была характерна для почвы полей под чистым паром (1,22–1,25 г см⁻³ (НСР₀₅ = 0,03)) и картофелем (1,14–1,20 г см⁻³ (НСР₀₅ = 0,02)), что связано с их агротехникой, а наибольшая – для почвы под клевером (1,48–1,49 г см⁻³ (НСР₀₅ = 0,04)) и озимыми культурами (1,41–1,45 г см⁻³ (НСР₀₅ = 0,02)). Однако в целом показатели плотности были близки к оптимальным значениям для культур севооборота.

Запасы продуктивной влаги. Для озимых культур важное значение имеет содержание доступной влаги в пахотном слое почвы в предпосевной и начальный осенний период вегетации. Установлено, что перед посевом озимых

запас продуктивной влаги в пахотном слое почвы при плоскорезной обработке был на 16,1% (или на 4,2 мм (НСР₀₅ = 1,6)) выше, чем при отвальной. При мелкой обработке почвы запас продуктивной влаги был выше на 11,5% (или на 3,0 мм (НСР₀₅ = 1,6)) по сравнению с контролем. Результаты определения запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы в течение вегетационного периода также свидетельствуют о том, что плоскорезная и мелкая обработки способствуют сохранению влаги в почве (табл. 1).

В среднем по культурам севооборота за вегетационный период запасы продуктивной влаги в почве при плоскорезной системе обработки оказались выше на 6,2% (или на 1,8 мм), а при мелкой – на 4,9% (или на 1,4 мм (НСР₀₅ = 1,4)) по сравнению с отвальной.

Твердость пахотного слоя почвы. Приемы обработки почвы и кратность их применения оказали существенное влияние на твердость пахотного слоя, значения которого изменялись от 7,6–9,9 кг см⁻² (НСР₀₅ = 0,2) в поле под чистым паром и картофелем с периодической культивацией или рыхлением междурядий до 10,8–12,1 кг см⁻² (НСР₀₅ = 0,7) под яровыми зерновыми культурами (рис. 1). Наиболее высокие показатели твердости отмечены в почве под озимыми культурами (12,9–14,8) (НСР₀₅ = 1,1) и клевером (16,5–17,0 кг см⁻² (НСР₀₅ = 0,4)), что связано с существенным промежутком времени после проведения обработок почвы. В вариантах с отвальной системой обработки твердость пахотного слоя в течение вегетационного периода была несколько меньше по сравнению с другими вариантами, что коррелирует с данными о плотности почвы. Максимальные значения твердости почвы выявлены при мелкой обработке и обусловлены значительным уплотнением слоя 10–20 см.

Таблица 1. Запасы продуктивной влаги (мм) в пахотном слое почвы под культурами севооборота, 2014–2016 гг.

Система обработки почвы	Ед. изм.	Среднее по 4-м определениям за вегетационный период							Среднее по системе обработки
		пар чистый	озимая пшеница	овес + клевер	клевер	озимая рожь	картофель	ячмень	
Отв. (к.)	мм	26,9	31,4	26,7	30,7	33,5	24,0	28,2	28,8
	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Пл.	мм	31,4	33,2	28,4	30,4	33,5	28,1	29,2	30,6
	%	116,7	105,7	106,4	99,0	100,0	117,1	103,5	106,2
Кмб.	мм	27,1	31,9	27,2	31,3	30,7	24,7	26,9	28,6
	%	100,7	101,6	101,9	101,9	91,6	102,9	95,4	99,3
Млк.	мм	29,8	32,6	29,7	32,1	31,9	26,0	29,4	30,2
	%	110,8	103,8	111,2	104,6	95,2	108,3	104,2	104,9
НСР ₀₅		1,5	1,8	1,6	2,0	1,7	1,3	0,9	1,4

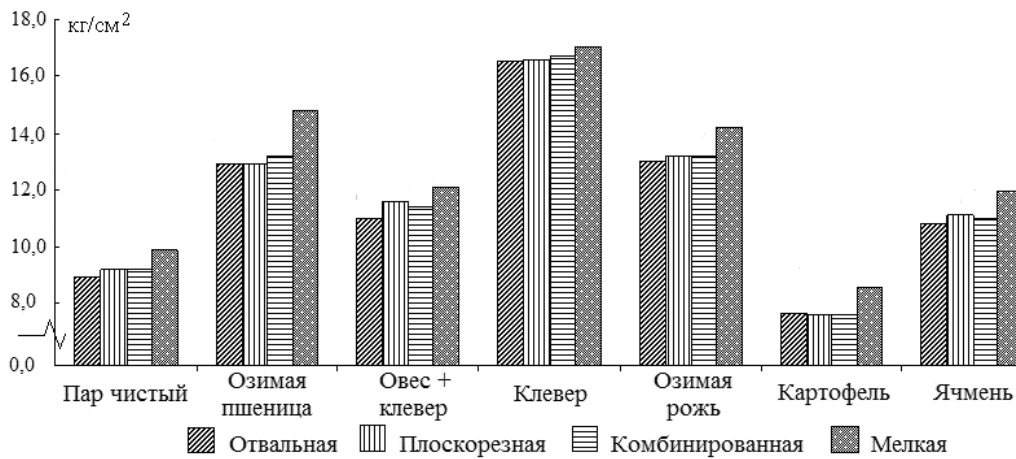


Рис. 1. Твердость пахотного слоя почвы (кг см⁻²), 2014–2016 гг.

Строение пахотного слоя. Общая пористость и соотношение объема капиллярных и некапиллярных пор в основном определялись плотностью почвы, которая зависела от способа обработки. Наиболее высокие показатели общей (46,2–49,8%), а также капиллярной (28,7–28,0%) и некапиллярной (17,5–21,8%) пористости отмечены в полях под чистым паром и картофелем с более интенсивными механическими обработками, а наиболее низкие (41,7–42,0; 28,3–30,7 и 13,4–11,3% соответственно) – при выращивании озимых зерновых и клевера, что, однако, не оказало отрицательного влияния на рост и развитие растений. Более высокая степень насыщения отмечена при плоскорезной и мелкой обработках (59,3 и 56,7%), что подтверждает положение о накоплении влаги в почве при ее обработке без оборота пласта.

Структурно-агрегатный состав почвы.

Ежегодное оборачивание пахотного слоя с перемешиванием свежих и полуразложившихся

растительных остатков способствовало их более интенсивному разложению, что оказало положительное влияние на показатели структурно-агрегатного состава при отвальной системе обработки почвы. При ней были установлены также более высокие показатели содержания агрономически ценных и водопрочных агрегатов и более высокий коэффициент структурности по сравнению с другими системами обработки.

При отвальной системе обработки почвы содержание водопрочных агрегатов в слоях 0–10 и 10–20 см было примерно одинаковым и составило 39,3% и 45,2% соответственно (рис. 2). В вариантах с плоскорезной и мелкой обработкой наиболее высокие показатели содержания водопрочных агрегатов отмечены в слое 0–10 см (45,1% и 43,1%), в слое 10–20 см они оказались ниже оптимального значения (36,4% и 36,0% соответственно), что связано с глубиной заделки пожнивных и растительных остатков.

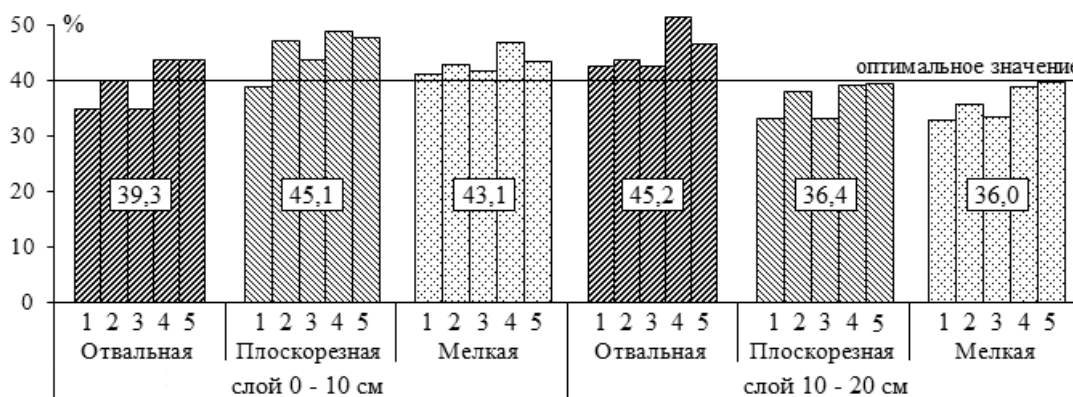


Рис. 2. Водопрочность структурных агрегатов (%), 2014–2016 гг.

1 – чистый пар; 2 – озимые зерновые; 3 – яровые зерновые; 4 – клевер; 5 – картофель

Таким образом, при отвальной системе, где в качестве основной обработки проводилась вспашка, водопрочные агрегаты распределялись по пахотному слою относительно равномерно, а при плоскорезной и мелкой системах обработки они накапливались в поверхностном (0–10 см) слое почвы, что обусловлено обогащением поверхностного слоя органическим веществом и более медленным его разложением, в результате чего усиливались процессы структурообразования.

Биологическая активность почвы.

Универсальными показателями биологической активности почвы являются продуцирование углекислого газа и разложение льняного полотна. Наиболее высокий уровень выделения диоксида углерода отмечался в вариантах с ежегодной отвальной обработкой и в среднем составил 56,0 мг С-СО₂ м⁻² ч⁻¹, что связано с меньшей плотностью и повышенной аэрацией почвы (табл. 2).

Таблица 2. Изменение показателей биологической активности почвы под полевыми культурами при разных системах обработки, 2014–2016 гг.

Система обработки почвы	Культура севооборота					В среднем по обработке
	пар чистый	озимые зерновые	яровые зерновые	клевер	картофель	
Продуцирование углекислоты, мг С-СО ₂ м ⁻² ч ⁻¹						
Отвальная	64,8	50,0	53,8	47,7	63,9	56,0
Плоскорезная	59,3	52,2	51,2	45,6	62,0	54,1
Комбинированная	60,3	49,6	54,0	46,8	62,8	54,7
Мелкая	58,7	49,5	52,3	44,2	61,2	53,2
НСР ₀₅	3,5	1,6	1,5	2,0	1,8	1,9
Разложение льняного полотна, %						
Отвальная	27,5	18,9	20,7	16,2	26,9	22,0
Плоскорезная	26,5	19,5	20,8	15,5	26,2	21,7
Комбинированная	26,1	19,1	20,7	15,6	25,9	21,5
Мелкая	24,0	18,5	20,4	17,3	24,9	21,0
НСР ₀₅	1,2	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	0,4	0,4
Количество дождевых червей, шт. м ⁻²						
Отвальная	41	41	32	71	37	44
Плоскорезная	40	40	40	57	43	44
Комбинированная	36	38	37	50	38	41
Мелкая	45	39	38	54	40	43
НСР ₀₅	1,4	1,0	1,2	1,5	1,3	1,1

Более плотное сложение в вариантах с плоскорезной обработкой стало причиной снижения уровня выделения углекислого газа в среднем до 54,1 мг С-СО₂ м⁻² ч⁻¹ (3,4%). Сочетание вспашки с обработкой противэрозионным культиватором привело к стабилизации данного показателя (он оказался на уровне 54,7 мг С-СО₂ м⁻² ч⁻¹). При мелкой обработке почвы уровень выделения углекислого газа (а, следовательно, и разложения растительных остатков) оказался ниже (53,2 мг С-СО₂ м⁻² ч⁻¹).

По изучаемым культурам наиболее высокий уровень выделения диоксида углерода был отмечен в почве полей под чистым паром (58,7–64,8 мг С-СО₂ м⁻² ч⁻¹) и под картофелем (61,2–63,9 мг С-СО₂ м⁻² ч⁻¹), а более низкий – в почве под озимыми культурами (49,5–52,2) и клевером (44,2–47,7 мг С-СО₂ м⁻² ч⁻¹).

Снижение интенсивности механического воздействия на почву в вариантах с плоскорезной и мелкой системами обработки привело к ухудшению условий жизнедеятельности целлюлозоразлагающих микроорганизмов, что проявилось в снижении разложения льняного полотна при экспозиции 60 дней на 0,3 и 1,0% соответственно в среднем по культурам севооборота.

Количество дождевых червей, являющееся одним из показателей экологического состояния почвы, в основном зависело от массы и глубины проникновения корневой системы возделываемых культур, которая являлась источником пищевых ресурсов и оказывала влияние на плотность почвы в период вегетации. Максимальное количество дождевых червей (50–71 шт. м⁻²) было отмечено под

клевером, что обусловлено глубоко проникающей корневой системой и отсутствием механических обработок почвы в течение полутора лет, а минимальное – под яровыми зерновыми, накапливающими незначительную корневую массу. В среднем по культурам севооборота наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности дождевых червей складывались в вариантах с отвальной и плоскорезной системами обработки почвы, где их численность составила 44 шт. м⁻².

Изучаемые системы обработки почвы оказали влияние на развитие растений. Среди озимых культур наилучшими показателями высоты, массы и площади листьев характеризовались растения из варианта с плоскорезной системой обработки. Это связано с улучшением водного режима почвы, особенно в осенний период, что оказало благоприятное влияние на развитие растений. При возделывании яровых зерновых культур наиболее эффективным оказалось сочетание отвальной и плоскорезной систем обработки почвы, а при выращивании клевера преимущество имела традиционная отвальная обработка. Мелкая обработка почвы оказалась наименее эффективной по степени влияния на развитие растений в сравнении с другими технологиями и привела к снижению урожайности полевых культур (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность культур севооборота в зависимости от системы обработки почвы (т га⁻¹), 2014–2016 гг.

Система обработки почвы	Культура севооборота						Среднее	Отклонение от контроля
	озимая пшеница	овес	клевер (сено)	озимая рожь	картофель	ячмень		
Отв. (контроль)	3,80	3,03	4,66	3,53	23,5	2,76	6,88	–
Пл.	3,88	2,94	4,62	3,67	24,0	2,72	6,97	0,09
Кмб.	3,72	3,03	4,67	3,52	23,8	2,80	6,92	0,04
Млк.	3,60	2,88	4,45	3,40	21,4	2,72	6,41	–0,47
НСР ₀₅	0,08	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	0,04	1,67	F _ф <F ₀₅		

ВЫВОДЫ

1. Плотность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в целом была в пределах оптимальных значений для культур севооборота вне зависимости от системы обработки. Наиболее высокое значение данного показателя было отмечено при мелкой обработке почвы.

2. При плоскорезной и мелкой обработках почвы запасы продуктивной влаги за вегетационный период в среднем по культурам севооборота были выше на 1,8 и 1,4 мм по сравнению с отвальной.

3. При отвальной системе обработки почвы распределение структурных агрегатов по пахотному слою было равномерным, при плоскорезной и мелкой обработках они накапливались в поверхностном слое (0–10 см).

4. Наиболее высокие показатели биологической активности почвы были отмечены при отвальной системе обработки.

5. Плоскорезная система обработки почвы способствовала повышению урожайности культур севооборота на 0,09 т га⁻¹, в то время как мелкая обработка привела к ее снижению на 0,47 т га⁻¹ по сравнению с отвальной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бойцова Л. В. Динамика агрофизических свойств в профиле дерново-подзолистых почв различного сельскохозяйственного использования // Агрофизика. 2016. № 1. С. 1–8.
- Борин А. А., Лощинина А. Э. Влияние обработки почвы в комплексе с применением удобрений и гербицидов на урожайность культур севооборота // Земледелие. 2015. № 7. С. 17–20.
- Еськов А. И., Русакова И. В. Повышение эффективности использования растительных остатков в ресурсосберегающих технологиях. Совершенствование научных основ, технологий производства и применения органических удобрений (1996–2011 гг.). Владимир, 2013. С. 506–512.
- Кульков В., Данилов А., Шишкин А. Почвозащитная и минимальная обработка чистого пара под озимую рожь в Саратовской области // Главный агроном. 2013. № 7. С. 9–11.
- Листопадов И., Гаевая Э., Мищенко А., Игнатьев Д. Оптимизация обработки почвы в севообороте // Главный агроном. 2013. № 7. С. 4–8.
- Лошаков В.Г. Севооборот и другие биологические факторы воспроизводства плодородия почвы // Системы использования органических удобрений и возобновляемых ресурсов в ландшафтном земледелии. Т. 1. Владимир, 2013. С. 148–159.
- Оленченко Е. А., Рижия Е. Я., Бучкина Н. П., Балашов Е. В. Влияние степени окультуренности дерново-подзолистой супесчаной почвы на её физические свойства и урожайность сельскохозяйственных культур в агрофизическом стационаре // Агрофизика. 2012. № 4. С. 8–18.
- Перфильев Н. В., Бьюшина О. А., Конищев А. А., Гарифуллин И. И. Исследование взаимосвязи «оптимальной плотности» почвы с урожайностью зерновых культур // Агрофизика. 2017. № 4. С. 16–24.
- Рзаева В.В. Засоренность яровой пшеницы при различных способах обработки почвы в Северном Зауралье // Земледелие. 2013. № 8. С. 25–27.
- Шрамко Н. В., Вихорева Г. В. Влияние систем удобрений на плодородие дерново-подзолистых почв и продуктивность севооборотов в условиях Верхневолжья // Интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Нечерноземье. Суздаль, 2013. С. 58–62.

REFERENCES

- Boitsova L. V. Dinamika agrofizicheskikh svoystv v profile dernovo-podzolistykh pochv razlichnogo sel'skokhoziaistvennogo ispol'zovaniia [Dynamics of agrochemical properties in profiles of sod-podzolic soils of different agricultural use] // *Agrofizika*, 2016, no. 1, pp. 1–8.
- Borin A. A., Loshchinina A. E. Vliianie obrabotki pochvy v komplekse s primeneniem udobrenii i gerbitsidov na urozhainost' kul'tur sevooborota [Influence of tilling along with fertilizer and herbicide application on crop yield

- in farming rotation] // *Zemledelie*, 2015, no. 7, pp. 17–20.
- Es'kov A. I., Rusakova I. V. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniia rastitel'nykh ostatkov v resursosberegaiushchikh tekhnologiiakh. Sovershenstvovanie nauchnykh osnov, tekhnologii proizvodstva i primeneniia organicheskikh udobrenii (1996–2011 gg.) [Increase the efficiency of use of plant residues in resource-saving technologies]. Vladimir, 2013. pp. 506–512.
- Kul'kov V., Danilov A., Shishkin A. Pochvozashchitnaia i minimal'naia obrabotka chistogo para pod ozimuiu rozh' v Saratovskoi oblasti [Soil protection and minimum treatment of pure steam for winter rye in the Saratov region] // *Glavnyi agronom*, 2013, no. 7, pp. 9–11.
- Listopadov I., Gaevaia E., Mishchenko A., Ignat'ev D. Optimizatsiia obrabotki pochvy v sevooborote [Optimization of processing of the soil in crop rotations] // *Glavnyi agronom*, 2013, no. 7, pp. 4–8.
- Loshakov V. G. Sevooborot i drugie biologicheskie faktory vosproizvodstva plodorodiia pochvy [Crop rotation and other biological factors of reproduction of soil fertility]. Sistemy ispol'zovaniia organicheskikh udobrenii i vozobnovliaemykh resursov v landshaftnom zemledelii. T. 1. Vladimir, 2013. pp. 148–159.
- Olenchenko E. A., Rizhiia E. Ia., Buchkina N. P., Balashov E. V. Vliianie stepeni okul'turenosti dernovo-podzolistoi supeschanoi pochvy na ee fizicheskie svoistva i urozhainost' sel'skokhoziaistvennykh kul'tur v agrofizicheskom statsionare [The influence of soil fertility of loamy sand spodosol on crop production and soil physical properties in the newly established field experiment] // *Agrofizika*, 2012, no. 4, pp. 8–18.
- Perfil'ev N. V., V'iushina O. A., Konishchev A. A., Garifullin I. I. Issledovanie vzaimosviasi «optimal'noi plotnosti» pochvy s urozhainost'iu zernovykh kul'tur [The interaction of soil «optimum density» with grain productivity] // *Agrofizika*, 2017, no. 4, pp. 16–24.
- Rzaeva V. V. Zasorennost' iarovoi pshenitsy pri razlichnykh sposobakh obrabotki pochvy v Severnom Zaural'e [Contamination of spring wheat under various tillage methods in the Northern Ural] // *Zemledelie*, 2013, no. 8, pp. 25–27.
- Shramko N. V., Vikhoreva G. V. Vliianie sistem udobrenii na plodorodie dernovo-podzolistykh pochv i produktivnost' sevooborotov v usloviakh Verkhnevolzh'ia [The effect of fertilizer systems on the fertility of sod-podzolic soils and the productivity of crop rotations in the Upper Volga Region]. *Intensivnye tekhnologii vozdelevaniia sel'skokhoziaistvennykh kul'tur v Nechernozem'e* [Intensive technologies of cultivation of crops in non-Chernozem region]. Suzdal, 2013. pp. 58–62.

УДК 631.4

DOI: 10.25695/AGRPH.2018.03.02

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ, РАСТЕНИЯХ И ГРУНТОВЫХ ВОДАХ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

С. Е. Витковская^{1,2}, Ю. О. Шилова¹

¹ФГБОУ ВО РГГМУ, ул. Воронежская, д. 79, Санкт-Петербург, 192007;

²ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,

Гражданский пр., д. 14, Санкт-Петербург, 195220

E-mail: s.vitkovskaya@mail.ru

Поступила в редакцию 13 февраля 2018 г., принята к печати 28 августа 2018 г.

Представлены результаты оценки экологического состояния почвы, растений и грунтовых вод на территории полигона твердых коммунальных (бытовых) отходов, расположенного в Волосовском районе Ленинградской области и функционирующего в течение 17-ти лет. В фильтрационных водах, высачивающихся из тела полигона, кратность превышения значений ПДК (предельно допустимой концентрации) элементов для водоемов хозяйственно-питьевого назначения составила: азот аммонийный – 360; фосфор – 21; Mg – 22; Hg – 1,2; Cd – 15; Fe – 37; сухой остаток – 7. В пробах грунтовых вод содержание Li превысило ПДК в 6–7 раз. Выявлено существенное превышение фоновых концентраций Cd, Zn, Cu, Co и As в почве. Установлено, что в среднем по всем точкам опробования значение суммарного показателя загрязнения почвы (Zс), рассчитанного по валовому содержанию Cd, Hg, Pb, Zn, Cu, Co, Mn, As, Cr и Ni, варьировалось в пределах 5±6, что соответствует допустимой категории загрязнения. В растениях всех исследуемых видов содержание Cd, Hg, Pb, As, Zn, Cu, Co, Ni не превышало нормальных уровней концентраций. Превышение на 20–40% МДУ (максимально допустимого уровня) Cr для грубых и сочных кормов выявлено в 60% растительных проб. Содержание Mn в растениях *Typha atifolia* L. превысило предел нормального содержания в 3–4 раза.

Ключевые слова: полигон твердых коммунальных отходов, тяжелые металлы, ПДК, фильтрационные воды

