

СРЕДОУЛУЧШАЮЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ КЛЕВЕРА В УСЛОВИЯХ  
МИНИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Л.О. ТРОНИНА, Н.А. ПЕГОВА

(ФГБУН Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН)

*В 2017–2019 гг. в условиях Удмуртской Республики изучали влияние клевера лугового на плотность, агрегатный состав и биологическую активность дерново-подзолистой среднесуглинистой слабосмытой почвы при отвальной и минимальной обработках в стационарном полевом опыте в четвертой ротации.*

*В период отрастания клевера при минимальной обработке почвы отмечено снижение плотности верхнего слоя пахотного горизонта до оптимальных параметров для зерновых культур (1,29 г/см<sup>3</sup>) и переуплотнение необрабатываемого слоя почвы (1,59 г/см<sup>3</sup>). В этих условиях клевер сформировал достоверную прибавку урожайности зеленой массы 8,9 т/га относительно урожайности, полученной при отвальной обработке. Структурное состояние почвы характеризовалось как хорошее. Через год после заделки зеленой массы клевера агрегатный анализ показал улучшение структуры пахотного горизонта. Содержание глыбистой фракции по отвальной обработке сократилось на 6,0% в слое 0–10 см и на 3,0% в слое 10–20 см при минимальной обработке на 7,6 и 16,0% соответственно. Это благоприятно отразилось на биологической активности почвы. Также степень разложения хлопчатобумажных полотен находилась в тесной положительной связи с накоплением мелких мезоагрегатов размером 0,5–1 мм (в верхнем слое  $r = 0,83$ , в нижнем –  $r = 0,80$ ). Увеличение содержания мелкой структуры 0,25–0,5 и 0,5–1 мм отмечено в обоих вариантах обработки почвы.*

*В результате пахотный горизонт приобрел отличное структурное состояние. Ячмень урожая 2019 г. по клеверному сидерату сформировал 3,70 т/га зерна при отвальной обработке и 3,82 т/га при минимальной обработке. Полученные результаты указывают на формирование оптимальных для зерновых культур условий произрастания при минимальной обработке дерново-подзолистой среднесуглинистой слабосмытой почвы Удмуртской Республики за счет средоулучшающих свойств клевера с заделкой его зеленой массы на сидерат.*

**Ключевые слова:** минимизация обработка почвы, вспашка, плотность, структура, биологическая активность.

Минимизация обработки почвы – это естественный продукт развития мирового земледелия, обусловленный экономическими и экологическими факторами. На дерново-подзолистой почве внедрение минимальных технологий сдерживается ухудшением фитосанитарных условий и переуплотнением почвы [3, 4, 7, 11]. Следовательно, поиск возможности минимизации обработки дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы с сохранением комфортных условий произрастания сельскохозяйственных растений является одним из приоритетных направлений агрономической науки.

Одним из путей улучшения агрофизических свойств почвы в условиях минимизации обработки является введение в севооборот посевов многолетних бобовых трав с последующей заделкой их зеленой массы на сидерат. После возделывания трав

улучшаются структура почвы и ее водопрочные свойства по сравнению с почвенными свойствами после зерновых культур [10, 5]. Большая часть мелких боковых корешков многолетних трав развивается в пахотном и подпахотном горизонтах и является скрепителем пылеватой фракции [13, 14]. Использование посевов многолетних трав в качестве зеленого удобрения способствует увеличению количества органического вещества в почве, что в свою очередь приводит к улучшению структуры почвы, водно-воздушного режима, физико-химических и биологических свойств почвы [1, 6, 8, 12]. Кроме того, своевременная заделка клевера предупреждает распространение семян сорных растений.

Цель исследований – установить влияние минимизации почвообработки с использованием клевера на сидерат на агрофизические и биологические свойства дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой слабосмытой почвы в условиях Удмуртской Республики.

### Методика исследований

Исследования проводились в 2017–2019 гг. на опытном поле Удмуртского НИИСХ структурного подразделения ФГБУН Удм ФИЦ УрО РАН в условиях стационарного полевого опыта в четвертой ротации.

Чередование культур в зернопаротравяном севообороте: 2015 г. – чистый пар; 2016 г. – озимая рожь; 2017 г. – яровая пшеница + клевер луговой; 2018 г. – клевер луговой 1 г.п. на сидерат; 2019 г. – ячмень; 2020 г. – горчица.

Схема опыта включает в себя две альтернативные системы основной обработки почвы: 1) отвальная (О) (к) – ежегодная вспашка до 18 см (ПН-3–35); 2) минимальная (М) – ежегодное поверхностное рыхление до 8 см (КПЭ-3,8), мелкая заделка клевера до 10 см (БДТ-3 в 2 следа).

Почва опытного участка агродерново-подзолистая слабосмытая среднесуглинистая на покровных глинах и тяжелых суглинках, содержание гумуса – 2,26%, подвижного фосфора – 266, обменного калия – 133 мг/кг почвы, рН<sub>KCl</sub> – 5,37.

Почвенные пробы отобраны согласно общепринятой методике из пахотного горизонта по слоям 0–10 и 10–20 см в 2018 г. в период отрастания клевера, в 2017 и 2019 гг. – после уборки яровых культур. Определение плотности осуществлялось методом режущего кольца, анализ агрегатного состава – методом сухого просеивания по Н.И. Саввинову, биологическая активность – методом аппликаций (период разложения – 60 дней). Статистическая обработка экспериментальных данных проведена с использованием дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову (1985) с помощью программы Microsoft Office 2010.

### Результаты и их обсуждение

В 2017 г. после уборки яровой пшеницы почва опытного участка по шкале, предложенной С.И. Долговым и П.У. Бахтиным [2], характеризовалась хорошим структурным состоянием при ежегодной вспашке и отличным состоянием при ежегодном поверхностном рыхлении. Коэффициент структурности в слое 0–10 см составил при отвальной обработке 3,4, при минимальной – 6,9, в слое 10–20 см – 2,8 и 5,3 соответственно. Под яровую пшеницу вспашка была проведена осенью 2016 г. К моменту отбора проб в 2018 г. почва приобрела состояние, близкое к равновесному. В этих условиях содержание глыбистой фракции увеличивалось при исследуемых системах обработки почвы по всей глубине пахотного горизонта и достигло 20,7% в необрабатываемом слое (табл. 1). На фоне ежегодной отвальной обработки образовался гомогенный по структуре пахотный горизонт: коэффициент структурности составил 3,1 как в нижнем, так и в верхнем слоях, общее содержание агрономически ценных фракций находилось в пределах 75,4–75,9% к массе воздушно-сухой почвы.

## Содержание почвенных агрегатов, % к общей массе (2017–2019 гг.)

Размер агрегатов, мм	0–10 см						10–20 см					
	Отвальная			Минимальная			Отвальная			Минимальная		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
>10	9,5	14,4	8,4	7,8	11,6	4,0	5,8	10,9	7,9	10,6	20,7	4,7
10...7	8,4	10,7	13,4	8,2	8,6	7,6	8,4	10,6	12,8	12,0	13,0	8,9
7...5	8,5	9,3	12,5	9,0	6,9	9,7	7,3	7,5	11,9	10,0	12,0	9,6
5...3	15,8	15,4	14,0	20,9	15,5	18,6	13,0	16,5	17,9	19,7	18,5	18,1
3...2	9,6	9,4	11,2	11,8	11,6	12,7	9,8	11,3	10,8	13,1	11,0	13,4
2...1	21,5	22,4	18,2	30,0	26,1	21,7	21,5	20,7	15,9	23,0	13,9	21,4
1–0,5	3,3	1,7	4,7	1,4	1,6	7,0	2,6	1,4	6,9	1,1	1,3	6,1
0,5–0,25	10,4	6,9	8,3	5,9	7,0	9,9	11,0	7,3	7,5	5,2	5,3	8,7
<0,25	13,1	9,7	9,3	4,9	11,0	8,7	20,5	13,6	8,5	5,3	4,3	9,2
∑0,25–10	77,4	75,9	82,3	87,3	77,4	87,2	73,6	75,4	83,6	84,1	75,0	86,1
К стр.	3,4	3,1	4,6	6,9	3,4	6,8	2,8	3,1	5,1	5,3	3,0	6,2

При минимальной системе обработки отмечена небольшая послойная дифференциация: в слое 0–10 см коэффициент структурности составил 3,4, содержание комковато-зернистой структуры – 77,4%, в слое 10–20 см – 3,0 и 75,0% соответственно. При довольно выровненном структурном состоянии почвы на фоне альтернативных систем основной обработки клевер сформировал неодинаковый урожай зеленой массы: 30,1 т/га – при ежегодном поверхностном рыхлении; 21,2 т/га – по ежегодной вспашке ( $НСР_{05} = 4,8$  т/га).

Полученный урожай клевера 2018 г. был заделан согласно схеме опыта в качестве зеленого удобрения. В 2019 г., после уборки ячменя, агрегатный анализ показал резкое снижение глыбистой фракции, особенно при минимальной обработке до 4%, а также крупных агрегатов размером 7–10 мм до 7,6–8,9%. По вспашке в 10-сантиметровом слое пахотного горизонта крупные отдельности размером 7–10 и 5–7 мм содержались в большем количестве – 13,4 и 12,5% соответственно. Следует отметить увеличение мелкой комковато-зернистой структуры 0,25–0,5 и 0,5–1 мм на 0,2–3,4% и 3–5,5% соответственно при изучаемых системах обработки почвы через год после заделки клевера. В результате почва пахотного горизонта приобрела отличное структурное состояние. Общее содержание агрономически ценных агрегатов 0,25–10 мм в 2019 г. возросло до 82,3–83,6% по вспашке и до 86,1–87,2% – при поверхностном рыхлении.

Таким образом, отмечено позитивное влияние возделывания клевера на структуру дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой слабосмытой почвы с заделкой его зеленой массы в качестве зеленого удобрения.

В среднем за 2017–2019 гг. исследований мелкокомковатая структура с агрегатами размером 1–5 мм больше содержалась в почве при поверхностном рыхлении: 56,3% в верхнем слое и 50,7% – в нижнем. Таким образом, в верхнем слое

дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы при минимальной системе обработки формируется наиболее ценная структура, обеспечивающая лучший водно-воздушный режим. При ежегодной отвальной обработке этот показатель по слоям составил 45,8%, но в то же время пылеватая фракция, которая легко смывается водой, в слое 0–10 см составила 10,7%, а в слое 10–20 см – 14,2%, превысив ее содержание при минимальной обработке в 2,3 раза. Следовательно, ежегодная вспашка снижает устойчивость почвы к процессам эрозии, которые в свою очередь снижают общее плодородие почвы.

Изменения структуры почвы сопровождалось изменениями ее плотности. В верхнем слое пахотного горизонта уплотнение почвы имело среднюю прямую связь с накоплением фракций размером 5–7 и 7–10 мм, коэффициент корреляции составил 0,56 и 0,49 соответственно. Среднюю обратную связь с плотностью почвы имело накопление мелких почвенных агрегатов 0,25–0,5 мм ( $r = -0,47$ ) и пылевой фракции ( $r = -0,61$ ). В нижнем слое пахотного горизонта связь содержания пыли и динамики плотности усилилась ( $r = -0,82$ ), как и мелких мезоагрегатов 0,25–0,5 мм ( $r = -0,65$ ). Содержание глыбистой фракции и крупных мезоагрегатов диаметром 5–7 мм ( $r = 0,54$ ) и 7–10 мм ( $r = 0,32$ ) тесно коррелировало с уплотнением слоя 10–20 см. Более тесно уплотнение нижнего слоя пахотного горизонта было связано с накоплением комочков размером 2–3 мм ( $r = 0,74$ ) и 3–5 мм ( $r = 0,80$ ).

Необрабатываемый слой пахотного горизонта был переуплотнен во все годы наблюдений (рис. 1). Наибольшая плотность почвы в слое 10–20 см 1,59 г/см<sup>3</sup> наблюдалась при ежегодной поверхностной обработке почвы в период отрастания клевера 1 г.п. (2018 г.). К этому времени, когда почва приобрела состояние, близкое к равновесному, ее плотность также увеличилась по вспашке и дифференцировалась по слоям. Плотность верхнего 10-сантиметрового слоя при отвальной системе практически не изменилась, а при минимальной заметно снизилась до 1,29 г/см<sup>3</sup>. Этому способствовало развитие корневой системы клевера, когда основная масса корней формируется в слое 0–10 см, особенно при минимальной обработке [14], снижая, таким образом, объемную массу почвы. После заделки клевера в качестве зеленого удобрения в конце вегетации ячменя плотность почвы практически не отличалась от ее показателей при близком к равновесному состоянии. Произошло лишь некоторое уплотнение верхнего слоя пахотного горизонта при отвальной обработке. В сложившихся условиях 2019 г. ячмень сформировал 3,70 т/га зерна при отвальной обработке и 3,82 т/га – при минимальной ( $НСР_{05} = 0,05$  т/га).

Ввиду того, что развитие целлюлозоразлагающих микроорганизмов тесно связано с воздушным и водным режимами почвы [9], степень разложения хлопчатобумажных полотен тесно коррелировала с почвенной структурой. Увеличение содержания глыбистой фракции отрицательно сказывалось на биологической активности почвы ( $r = -0,36$  в слое 0–10 см), особенно в слое 10–20 см ( $r = -0,88$ ). Накопление мелких мезоагрегатов размером 0,5–1 мм положительно влияло на разложение хлопчатобумажных полотен: в верхнем слое  $r = 0,83$ , в нижнем –  $r = 0,80$ .

В разные по погодным условиям годы исследуемые в опыте приемы основной обработки почвы влияли на биологическую активность

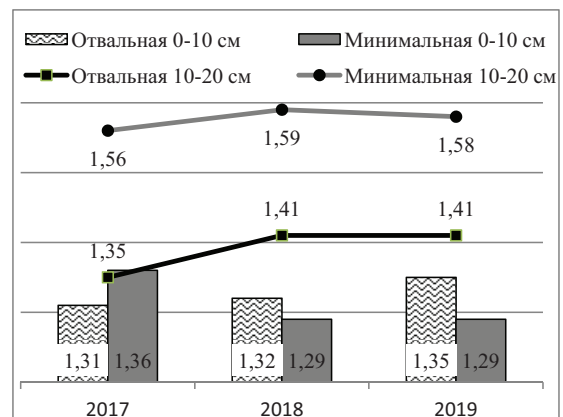
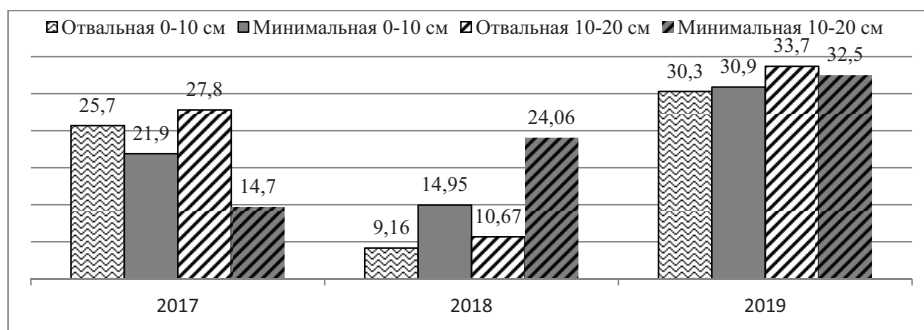


Рис. 1. Плотность почвы пахотного горизонта в зависимости от основной обработки почвы, г/см<sup>3</sup> (2017–2019 гг.)

неодинаково (рис. 2). В засуху более активны микробиологические процессы в нижних слоях ввиду отсутствия влаги в верхних, в благоприятных по увлажнению условиях – в верхних, где лучше аэрация [9]. Умеренно теплая погода 2017 г. с достаточным количеством осадков в первой половине лета, близкая к климатической норме вторая его половина способствовали снижению биологической активности в необрабатываемом слое пахотного горизонта до 14,7%. В верхнем слое при минимальной обработке разложилось 21,9% хлопчатобумажных полотен, по вспашке – 25,7% ( $НСР_{05} = 9,6\%$ ). Эти результаты отразились на формировании зерна пшеницы яровой. При отвальной обработке урожайность составила 2,60 т/га, при минимальной – 1,89 т/га ( $НСР_{05} = 0,17$  т/га). В 2018 г. в условиях, приближенных к равновесному состоянию почвы, в период отрастания клевера 1 года пользования процесс разложения хлопчатобумажных полотен происходил в обратной зависимости от обработки почвы. Солнечная теплая погода и умеренное количество осадков во второй половине лета создали более благоприятные условия для жизнедеятельности целлюлозоразлагающих микроорганизмов в уплотненном ( $1,59$  г/см<sup>3</sup>) необрабатываемом слое пахотного горизонта. Через год после заделки клевера влияние альтернативных способов обработки почвы достоверно выровнялось ( $НСР_{05} = 4,7\%$  в слое 0–10 см;  $НСР_{05} = 8,2\%$  в слое 10–20 см). В 2019 г. корреляционный анализ выявил среднюю связь интенсивности разложения хлопчатобумажных полотен с плотностью почвы. В верхнем слое эта связь положительная ( $r = 0,53$ ), в нижнем слое – отрицательная ( $r = -0,41$ ), что объясняется лучшей аэрацией в верхних слоях почвы в условиях чрезмерно влажного лета.



**Рис. 2.** Влияние основной обработки почвы на степень разложения хлопчатобумажных полотен, % (2017–2019 гг.)

## Заключение

Возделывание клевера в середине ротации зернопаротравяного севооборота с заделкой зеленой массы растений 1 года пользования на сидерат благоприятно влияет на агрофизические и биологические свойства дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой слабосмытой почвы Удмуртской Республики. Через год после заделки клевера агрегатный анализ показал резкое снижение глыбистой фракции на 3–16% и увеличение мелкой комковато-зернистой структуры 0,25–0,5 и 0,5–1 мм на 0,2–3,4% и 3–5,5% соответственно. Накопление мелких мезоагрегатов размером 0,5–1 мм благоприятно сказывалось на разложении хлопчатобумажных полотен: в верхнем слое  $r = 0,83$ , в нижнем –  $r = 0,80$ . Влияние альтернативных способов обработки почвы на биологическую активность по клеверному сидерату достоверно выровнялось и усилилось. В условиях минимизации обработки почвы средоулучшающие свойства клевера проявились сильнее, что отразилось на урожайности ячменя в 2019 г. При отвальной обработке ячмень сформировал 3,70 т/га зерна, при минимальной – 3,82 т/га ( $НСР_{0,5} = 0,05$  т/га).

## Библиографический список

1. Босак В.Н. Органические удобрения. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 256 с.
2. Долгов С.И. Агрофизические методы исследований почв / С.И. Долгов, П.У. Бахтин. – М.: Колос, 1966. – 156 с.
3. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
4. Кирюшин В.И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 3–6.
5. Клеменс Э. Растения – результативней плуга. К вопросу о биогенной ликвидацииуплотнения почв // Земледелатель: советско-немецкий ежегодник по экологическому земледелию. – Изд-во Прогресс Лебен унд Умвельт, 1991. – С. 147–151.
6. Комарова Н.А. Влияние различных паров на агрофизические свойства светло-серой лесной почвы Нижегородской области // Проблемы агрохимии и экологии. – 2020. – № 1. – С. 30–34.
7. Ленточкин А.М. Сравнение no-till и минимальной обработки почвы при выращивании промежуточных культур и яровой пшеницы / А.М. Ленточкин, П.А. Ухов // Сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 5(12). – С. 71–77.
8. Лыков А.М. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья (актуальность и состояние проблемы, рабочие гипотезы исследований, сопряженность агрономических и экологических функций, динамика в агроценозах, принципы моделирования и технологии воспроизводства) / А.М. Лыков, А.И. Еськов, М.Н. Новиков. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2004. – 630 с.
9. Мальцев Т.С. Идеи и научные исследования. – Курган: Издательство «Зауралье», 2000. – 231 с.
10. Нелюбина Ж.С. Возделывание многолетних трав как фактор улучшения структуры и водопрочности агрегатов пахотного слоя дерново-подзолистых почв Удмуртской Республики / Ж.С. Нелюбина, И.Ш. Фатыхов // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 32–34.
11. Пупонин А.И. Научные и практические основы минимальной обработки почвы // Известия ТСХА. – 1979. – Вып. 2. – С. 10–18.
12. Сорокина М.В. Структурно-агрегатный состав и водопрочность почвы в зависимости от интенсивности обработки // Научный журнал молодых ученых. – 2018. – № 2(11). – С. 33–36.
13. Тагиров М.Ш. Влияние новых сортов люцерны на структуру пахотного слоя лесных тяжелосуглинистых почв в зависимости от уровня минерального питания / М.Ш. Тагиров, Г.Ф. Шарипова, О.Л. Шайтанов // Вестник Казанского ГАУ. – 2015. – № 4. – С. 103–106.
14. Холзаков В.М. Повышение продуктивности дерново-подзолистых почв в Нечерноземной зоне: Монография. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2006. – 436 с.

## ENVIRONMENT-IMPROVING VALUE OF CLOVER IN THE CONDITIONS OF MINIMIZED TILLAGE OF SOD-PODZOLIC SOIL

L.O. TRONINA, N.I. PEGOVA

(Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences)

*In 2017–2019, the authors studied the influence of the meadow clover on the density, soil structure and biotic activity of sod-podzolic medium loamy lightly-eroded soil under plowing and minimal tillage in a stationary field experiment in the fourth rotation in the conditions of the Udmurt*

Republic. During the period of clover growth with minimal tillage, the topsoil density was reduced to the optimal parameters for cereal crops ( $1.29 \text{ g/cm}^3$ ) and over-compaction of the uncultivated soil layer ( $1.59 \text{ g/cm}^3$ ). Under these conditions, the clover formed a reliable increase in the yield of green mass of  $8.9 \text{ t/ha}$  relative to the yield obtained during plowing. The structural condition of the soil was described as good. A year later after the application of clover green mass, an aggregate analysis showed an improvement in the structure of the plough layer. The content of the lumpy fraction by plowing decreased by 6.0% in the 0–10 cm layer and 3.0% in the 10–20 cm layer; with minimal tillage of 7.6 and 16.0%, respectively. This made a positive effect on the biotic soil activity. Also, the decomposition level of cotton cloths was in a close positive relationship with the accumulation of small mesoaggregates of 0.5–1 mm in size (in topsoil  $r = 0.83$ , in the lower layer  $r = 0.80$ ). An increase in the fine structure content of 0.25–0.5 and 0.5–1 mm was observed in both versions of soil tillage. As a result, the plow layer acquired an excellent structural condition. The barley of the 2019 yield on clover manure formed  $3.70 \text{ t/ha}$  of grain during plowing and  $3.82 \text{ t/ha}$  under the minimum tillage. The obtained results indicate the formation of optimal growing conditions for grain crops with minimal tillage of sod-podzolic medium loamy lightly-eroded soil of the Udmurt Republic due to the environment-improving properties of clover with the application of its green mass for green manure production.

**Key words:** minimizing tillage, plowing, density, structure, biotic soil activity.

## References

1. Bosak V.N. Organicheskiye udobreniya [Organic fertilizers]. Pinsk: PolesGU. 2009: 256. (In Rus.)
2. Dolgov S.I., Bakhtin P.U. Agrofizicheskiye metody issledovaniy pochv [Agrophysical methods of soil research]. M.: Kolos. 1966: 156. (In Rus.)
3. Kiryushin V.I. Ekologicheskiye osnovy zemledeliya [Ecological foundations of crop farming]. M.: Kolos. 1996: 367. (In Rus.)
4. Kiryushin V.I. Problema minimizatsii obrabotki pochvy: perspektivy razvitiya i zadachi issledovaniy [Problem of minimizing soil cultivation: development prospects and research tasks] // Zemledeliye. 2013; 7: 3–6. (In Rus.)
5. Clemens E. Rasteniya – rezul'tativney pluga. K voprosu o biogennoy likvidatsii uplotneniya pochv [Plants are more productive than the plow. On the issue of the biogenic elimination of soil compaction] // Zemledelatel' [Soviet-German yearbook on ecological agriculture]. Izd-vo Progress Leben und Umvel't. 199: 147–151. (In Rus.)
6. Komarova N.A. Vliyaniye razlichnykh parov na agrofizicheskiye svoystva svetlo-seroy lesnoy pochvy Nizhegorodskoy oblasti [Influence of various vapors on the agrophysical properties of light gray forest soil in the Nizhny Novgorod region] // Problemy agrokhimii i ekologii. 2020; 1: 30–34. (In Rus.)
7. Lentochkin A.M., Ukhov P.A. Sravneniye no-till i minimal'noy obrabotki pochvy pri vyrashchivanii promezhutochnykh kul'tur i yarovoy pshenitsy [Comparison of no-till and minimum tillage when growing catch crops and spring wheat] // Sel'skokhozyaystvenniy zhurnal. 2019; 5(12): 71–77. (In Rus.)
8. Lykov A.M., Yes'kov A.I., Novikov M.N. Organicheskoye veshchestvo pakhotnykh pochv Nechernozem'ya (aktual'nost' i sostoyaniye problemy, rabochiye gipotezy issledovaniy, sopryazhennost' agronomicheskikh i ekologicheskikh funktsiy, dinamika v agrotsenozakh, printsipy modelirovaniya i tekhnologii vosproizvodstva) [Organic matter of arable soils in the Non-Black Earth Region (relevance and state of the problem, working hypotheses of research, conjugation of agronomic and ecological functions, dynamics in agrocenoses, principles of modeling and reproduction technologies)]. M.: Rossel'khozakademiya – GNU VNIPTIOU. 2004: 630. (In Rus.)

9. *Mal'tsev T.S.* Idei i nauchniye issledovaniya [Ideas and related research]. Kurgan: izdatel'stvo "Zaural'ye". 2000: 231. (In Rus.)
10. *Nelyubina Zh.S.* Fatykhov, I.Sh. Vozdelyvaniye mnogoletnikh trav kak faktor uluchsheniya struktury i vodoprochnosti agregatov pakhotnogo sloya dernovo-podzolistykh pochv Udmurtskoy Respubliki [Cultivation of perennial grasses as a factor in improving the structure and water resistance of aggregates of the arable layer of sod-podzolic soils of the Udmurt Republic] // *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2019; 4: 32–34. (In Rus.)
11. *Pupoin A.I.* Nauchniye i prakticheskiye osnovy minimal'noy obrabotki pochvy [Scientific and practical bases of minimal tillage] // *Izvestiya TSKHA*. 1979; 2: 10–18. (In Rus.)
12. *Sorokina M.V.* Srukturno-agregatniy sostav i vodoprochnost' pochvy v zavisimosti ot intensivnosti obrabotki [Structural-aggregate composition and water resistance of the soil depending on the intensity of cultivation] // *Nauchnyy zhurnal molodykh uchenykh*. 2018; 2 (11); 33–36. (In Rus.)
13. *Tagirov M.Sh., Sharipva G.F., Shaytanov O.L.* Vliyaniye novykh sortov lyutserny na strukturu pakhotnogo sloya lesnykh tyazhelosuglinistykh pochv v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo pitaniya [Influence of new varieties of alfalfa on the structure of the arable layer of forest heavy loamy soils depending on the level of mineral nutrition] // *Vestnik Kazanskogo GAU*. 2015; 4: 103–106. (In Rus.)
14. *Kholzakov V.M.* Povysheniye produktivnosti dernovo-podzolistykh pochv v Nechernozemnoy zone: monografiya [Increasing the productivity of sod-podzolic soils in the Non-Chernozem zone: Monograph]. Izhevsk: FGOU VPO Izhevskaya GSKHA. 2006: 436. (In Rus.)

**Трoнина Любовь Олеговна**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (структурное подразделение Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства), 426067, Российская Федерация, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34; e-mail: [ugniish-nauka@yandex.ru](mailto:ugniish-nauka@yandex.ru); тел.: (3412) 629-698.

**Пегова Нина Аркадьевна**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (структурное подразделение Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства), 426067, Российская Федерация, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34; e-mail: [ugniish-nauka@yandex.ru](mailto:ugniish-nauka@yandex.ru); тел.: (3412) 629-698.

**Lyubov O. Tronina**, PhD (Ag), Research Associate.

**Nina A. Pegova**, PhD (Ag), Senior Research Associate.

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, (Structural subdivision – Udmurt Research Institute of Agriculture); 426067, 34, T. Baramzinoy Str., Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation. E-mail: [ugniish-nauka@yandex.ru](mailto:ugniish-nauka@yandex.ru); phone: (3412) 629-698.