УДК: 631.452:631.82:631.51:633.367 DOI: 10.25680/S19948603.2026.150.21

КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ И БАЛАНС ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ ОСВОЕНИИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

В.А. Шевченко, ак. РАН, Г.И. Бондарева, д.т.н., А.М. Соловьев, д.с.-х.н., Н.П. Попова, к.с.-х.н.,
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова»
127434, Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, кор. 2, Тел. +7 (499) 153-72-70

Исследования проведены в Тверской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Изучали влияние систем удобрения (минеральная, жидкие стоки, твердая фракция навоза, контроль – растительные остатки) и способов обработки почвы (отвальная вспашка, минимальная дисковая) при возделывании люпина узколистного в пятипольном севообороте. Установлено, что органические удобрения снижают кислотность (на 1,13–1,67 pH*) и обеспечивают положительный баланс органического вещества (до +2,298 т/га), особенно при минимальной обработке. Рекомендовано применение твердой фракции навоза с дискованием для эффективного воспроизводства плодородия залежных земель.*

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, залежные земли, люпин узколистный, кислотность почвы, органическое вещество, баланс гумуса, жидкие стоки свиноводческих комплексов, твердая фракция навоза, минеральные удобрения, минимальная обработка почвы, отвальная вспашка, Верхневолжье.

Для цитирования: *Шевченко В.А., Бондарева Г.И., Соловьев А.М., Попова Н. П.* Кислотность почвы и баланс органического вещества при освоении деградированных земель Верхневолжья// Плодородие. – 2026. – №3. – С. 121-125. DOI: 10.25680/S19948603.2026.150.21.

Воспроизводство плодородия осваиваемых залежных земель Нечерноземья имеет важное государственное значение, поскольку общая площадь таких земель в данной зоне составляет 23 млн га, из которых 8,6 млн га занимает пашня. Разработанная и утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса страны от 14 мая 2021 г. № 731, рассчитанная на срок с 2022 до 2031 г., позволяет в ближайшее десятилетие вернуть в производственное использование средневозрастные залежи, выбывшие из оборота 10-15 лет назад, как в качестве пашни, так и для реконструкции сенокосов. Долголетние залежи, не обрабатываемые более 20 лет, следует рассматривать как резервные площади для последующего возвращения в производственный цикл или перевода в другие категории земель при полном восстановлении на таких территориях лесной флоры и фауны [5, 10, 13].

Поскольку в 90-е годы прошлого века из оборота в первую очередь исключали малопродуктивные деградированные земли с высокой степенью кислотности, то при повторном вовлечении их в использование необходимо осуществить воспроизводство плодородия почвы до нормативных значений показателей на экономически обоснованных и экологически безопасных уровнях [5, 10]. Для различных типов осваиваемых почв Нечерноземной зоны решающее значение имеют содержание в пахотном слое органического вещества и его качественный состав, так как именно он является интегральным показателем плодородия [9, 14]. Доказано, что решение проблемы органического вещества почвы позволяет обеспечить воспроизводство всех химических параметров плодородия, начиная от кислотного режима и заканчивая концентрацией в пахотном слое осваиваемых земель всех макро- и микроэлементов [1, 8].

К основным факторам управления органическим веществом относятся применение разных видов удобрений, заделка остатков побочной продукции агроценозов, способы обработки почвы, агромелиорация, севооборот и др. [2, 15].

Интенсификация животноводства привела к концентрации поголовья свиней на крупных промышленных комплексах, что, с одной стороны, обеспечивает экономическую эффективность производства, а с другой — создаёт серьёзную проблему утилизации огромных объёмов органических отходов [11]. При оценке пригодности отходов свиноводческих комплексов для использования в качестве удобрений учитывается целый ряд показателей, включая содержание питательных элементов, наличие тяжёлых металлов, патогенной микрофлоры. В то же время многочисленные научные работы подтверждают положительное влияние таких отходов на показатели плодородия почвы, в том числе на содержания органического вещества. Это объясняется поступлением значительного количества органического материала, служащего энергетическим субстратом для почвенных микроорганизмов и источником для гумусообразования, а также положительным влиянием на продуктивность агроценоза [6, 16].

Люпин узколистный является эффективным биологическим инструментом восстановления плодородия деградированных залежных земель. Благодаря устойчивости к кислой реакции среды, высокой азотфиксирующей способности и накоплению значительной массы органического вещества, культура обеспечивает комплексное улучшение агрохимических и физических свойств почвы. Использование люпина узколистного при освоении залежей позволяет снизить затраты на химические мелиоранты и удобрения, ускорить процессы гумусонакопления и создать благоприятные условия для последующих культур севооборота [7].

Культура люпина обеспечивает поступление значительной массы растительных остатков. При использовании люпина в качестве сидеральной культуры в почву запахивается 40–50 т/га зелёной массы, что эквивалентно внесению 45–55 т/га подстилочного навоза [13]. Даже при возделывании на семена или корм в почве

остаётся большое количество корневых и пожнивных остатков. Отечественными исследователями установлено, что с корнепожнивными остатками люпина узколистного в почву поступает до 45 ц/га сухого вещества [15]; 1 т запаханной биомассы люпина по эффективности приравнивается к 1 т навоза.

Цель наших исследований – изучить влияние способов заделки разных видов удобрений под культуру люпин узколистный на динамику кислотности пахотного слоя и содержание в нем органического вещества при освоении залежных земель Верхневолжья.

Научная новизна работы заключается в комплексном изучении влияния различных систем удобрения (минеральной, органической на основе жидких стоков и твёрдой фракции навоза свиноводческих комплексов, а также их сочетаний) и способов основной обработки почвы (отвальная вспашка и минимальная дисковая обработка) на динамику кислотности и баланс органического вещества дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в процессе освоения залежных земель Верхневолжья за более, чем десятилетний период с учетом итогового воздействия изучаемых факторов на показатели плодородия почвы.

Методика. Опыты проводили в 2015-2024 г. на землях предприятия «Ручьевское-1», расположенном в Ржевском районе Тверской области. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая. Агрохимическиай анализ почвы: содержание гумуса – 1,44–1,83 % (ГОСТ 23740–2016), подвижного фосфора (P_2O_5) – 106–109 мг/кг, обменного калия (K_2O) – 90–100 мг/кг (ГОСТ 26204), $pH_{сол.}$ 4,78–4,83 (ГОСТ 26212–91), содержание легкогидролизуемого азота – 55–76 мг/кг (спектрофотометрический метод, ГОСТ 8.229).

Участок находился в залежном состоянии с 1994 по 2010 г., после проведения культуртехнических работ в 2011-2012 г. возвращен в сельскохозяйственное производство с выделением опытной площадки, на которой для решения поставленной цели в 2015 г. был заложен пятипольный зернопропашной плодосменный севооборот, применявшийся в течение двух ротаций. Хозяйство входит состав агрохолдинга «Агропромкомплектация» с замкнутым циклом производства: от выращивания растениеводческой продукции и кормов до производства свинины и ее переработки. В связи с этим на территории предприятия расположена крупная свиноферма, отходы которой необходимо утилизировать на близлежащих полях, предназначенных для возделывания кормовых и фуражных культур. Это обстоятельство послужило основой для поиска оптимальной технологии восстановления плодородия вновь введенных в оборот сельскохозяйственных угодий, подверженных различным деградационным процессам и обладающих признаками дегумификации и потери биофильных элементов.

Опыт заложен методом систематических повторений в 3-кратной повторности, площадь учетной делянки 250 $м^2$. Схема опыта включала изучение влияния следующих факторов и их взаимодействий:

Фактор А – система удобрения и её влияние на изменение кислотности почвы и содержание органического вещества в ней. Рассматривалась минеральная система удобрения (расчетная доза NPK под запланированную урожайность каждой культуры севооборота по методике [4]), органоминеральная система удобрения (жидкие стоки свиноводческих комплексов – 80 $м^3$/га) и твердая фракция навоза (40 т/га), плюс припосевное внесение 10-15 кг д.в/га суперфосфата. На контроле в качестве источника органического вещества и элементов питания выступали пожнивные остатки.

Фактор В – люпин узколистный на семена в 5-польном севообороте со следующим чередованием: 1 – люпин узколистный на семена; 2 – кукуруза на силос; 3 – озимая пшеница; 4 – яровой рапс; 5 – ячмень на фураж.

Фактор С – способы основной обработки почвы: отвальная вспашка на глубину 18-20 см, минимальная обработка дискованием на 7-10 см.

Азотные удобрения вносили дробно: 50 % – под предпосевную культивацию, 25 – при посеве, 25 % – в подкормки. Под все культуры фосфорные и калийные удобрения применяли в дозах, рассчитанных с учётом коэффициентов использования из них. Для люпина узколистного (плановая урожайность 18 ц/га) доза удобрений составила: N – 115,53, P_2O_5 – 10,00; K_2O – 44,52 кг д.в/га. Жидкие стоки в дозе 80 $м^3$/га (средний состав: сухие вещества – 3,0 %, общий азот – 0,1, подвижный фосфор – 0,03, обменный калий – 0,28 %; pH 7,4) вносили шланговыми системами под предпосевную обработку. Твёрдую фракцию навоза (40 т/га) распределяли прицепом-разбрасывателем ПРТ-10. Её характеристика: сухие вещества – 35–40 %, общий азот – 0,54, подвижный фосфор – 0,29, обменный калий – 0,60 %, pH 7,9. Жидкие стоки обеспечили поступление N – 123 кг/га, P_2O_5 – 36, K_2O – 59 кг/га; твёрдая фракция навоза – N – 120 кг/га, P_2O_5 – 34 , K_2O – 33 кг/га.

Безопасная доза внесения побочных отходов свиноводческих комплексов установлена на основе исследований, выполненных при освоении участка и закладке опыта, с изучением фильтрационной способности почвы методом скважин, а также, скорректированной в дальнейшем с учетом накопления в почве тяжелых металлов. Результаты подробно изложены в монографии [12], где даны рекомендации по применению жидких стоков с включением крутизны склона и данных показателей.

Учет урожая люпина узколистного осуществляли сплошным методом с помощью комбайнирования.

Статистическую обработку данных выполняли методами дисперсионного и корреляционного анализа [3].

Результаты и их обсуждение. Для разработки технологий управления потоками биогенных элементов в агроэкосистемах, формируемых на малопродуктивных землях Нечерноземной зоны России, вовлекаемых в сельскохозяйственный оборот, необходимо изучение взаимосвязей между факторами, определяющими уровень плодородия осваиваемых почв в конкретных агроклиматических условиях и обеспечивающими гарантированный положительный результат. Данный подход служит основой для создания методологии оптимизации плодородия залежных земель, базирующейся на фундаментальных законах земледелия и реализации эффективных агромелиоративных мероприятий. К числу последних относятся применение различных систем удобрения и разноглубинные способы их заделки в корнеобитаемый слой при возделывании адаптированных полевых культур в севооборотах интенсивного типа и их влияние на показатели плодородия.

С учетом природных условий и специализации сельскохозяйственного производства на изучаемых в опыте осваиваемых землях в качестве первоочередных задач, после проведения культуртехнических мероприятий, выделены следующие:

• составление научно обоснованного севооборота, где будет максимально учтен уровень интенсификации и специализации сельскохозяйственного производства, а также экономическая, энергетическая и экологическая эффективность. Учитывая вышеизложенное, в севооборот был включен люпин узколистный – как высокоэнергетическая бобовая кормовая культура;

• создание эффективной технологии на базе комплексного использования агротехнических и мелиоративных средств, позволяющей в перспективе обеспечить содержание гумуса в пахотном слое осваиваемых земель до 2–2,5 %, легкогидролизуемого азота – до 65–70 мг/кг почвы, подвижного фосфора – до 100–120 мг/кг, обменного калия – до 100–150 мг/кг почвы, а также достижение величины pH солевой вытяжки 5,5–6,0 ед. и способствующей поддержанию данных показателей в течение длительного времени, как условие экономической и экологической целесообразности ведения сельскохозяйственного производства на освоенных землях.

Установлено, что различные системы удобрения и способы их заделки неодинаково влияют на кислотность пахотного слоя (0–20 см) осваиваемых дерново-подзолистых почв легкосуглинистого гранулометрического состава. В контрольном варианте, где измельчённые остатки побочной продукции заделывали с помощью минимальной обработки, кислотность почвенного раствора в среднем за две ротации севооборота по сравнению с исходным значением снизилась на 0,12 ед. pH, а на фоне отвальной вспашки — на 0,05 ед. pH, что в обоих случаях имеет положительную тенденцию.

Возделывание люпина узколистного на зерно с применением расчётных доз минеральных удобрений под запланированную урожайность вызвало повышение кислотности пахотного слоя почвы, соответственно, на 0,04 и 0,17 ед. pH, что также находится в пределах ошибки опыта.

Наиболее заметное влияние на динамику кислотности пахотного слоя почвы оказывает использование в качестве основного удобрения органических отходов свиноводческих комплексов в экологически безопасных дозах. Так, при заделке жидких стоков дисковыми орудиями на глубину 7–10 см уменьшение кислотности в среднем за первую ротацию севооборота составило 0,91 ед. pH, а за вторую — ещё 0,24 ед. pH. Таким образом, на фоне минимальной обработки снижение кислотности почвенного раствора достигло 1,15 ед. pH, что достоверно отличается от исходного значения (4,81 ед. pH) (табл. 1).

Применение отвальной вспашки для утилизации жидких стоков также способствовало существенному уменьшению кислотности почвы, которое в среднем за период исследований составило 0,73 ед. pH. При этом различия между способами заделки жидких стоков по влиянию на уровень кислотности составляют 0,42 ед. pH в пользу минимальной обработки, что существенно для фактора B при $НСР_{05}$ = 0,34 ед. Преимущества дисковой обработки объясняются тем, что из-за высокой фильтрационной способности данный вид удобрения при поверхностной утилизации сильнее раскисляет пахотный слой по сравнению с заделкой жидких стоков отвальными плугами на глубину 18–20 см. Следовательно, использование жидких стоков для удобрения приводит к достоверному снижению кислотности пахотного слоя почвы при всех способах их заделки, поскольку они имеют слабощелочную реакцию (pH 7,4). Однако наибольший эффект от их применения на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве отмечен на фоне минимальной обработки.

1. Кислотность почвы в двух ротациях севооборота (2015-2024 г.)*

№ п/п	Система удобрения (фактор А)	Ротация севооборота	Способ заделки (фактор В)	
			минимальная обработка	отвальная вспашка
1	I. Контроль (б/у)	Первая	4,91	4,85
		Вторая	4,94	4,87
		В среднем	4,93	4,86
2	II. Минеральная (N – 115,53, P_2O_5 – 10,0, K_2O – 44,52 кг д.в/га)	Первая	4,78	4,67
		Вторая	4,75	4,61
		В среднем	4,77	4,64
3	III. Жидкие стоки, 80 $м^3$/га + P_{10} кг д.в/га при посеве	Первая	5,82	5,46
		Вторая	6,06	5,58
		В среднем	5,94	5,52
4	IV. Твердая фракция навоза, 40 т/га + P_{10} кг д.в/га при посеве	Первая	6,11	5,67
		Вторая	6,48	5,69
		В среднем	6,30	5,68
$НСР_{05}$	для фактора А		0,38	
	для фактора В		0,34	
	для взаимодействия АВ		0,61	

*Исходное значение pH 4,81.

Систематическая заделка в пахотный слой осваиваемой почвы твёрдой фракции навоза в дозе 40 т/га обеспечила быстрое снижение кислотности почвенного раствора уже в первой ротации севооборота: до 6,11 ед. pH на фоне минимальной обработки и до 5,67 ед. pH при использовании отвальной вспашки. Снижение относительно исходного значения составило, соответственно, 1,30 и 0,86 ед. pH, что в обоих случаях существенно при $НСР_{05}$ для взаимодействия факторов АВ = 0,61 ед.

Во второй ротации севооборота эффективность применения твёрдой фракции навоза для оптимизации кислотности почвы возросла: снижение достигло 1,67 ед. pH при заделке дисковыми орудиями и 0,88 ед. pH – при отвальной вспашке. В среднем за две ротации внесение твёрдой фракции навоза улучшило раскисление пахотного слоя осваиваемых земель по сравнению с применением жидких стоков на 0,36 ед. pH по фону минимальной обработки и на 0,16 ед. pH при использовании отвальной вспашки; $НСР_{05}$ для фактора В составила 0,34 ед.

Таким образом, оба вида органических удобрений, применяемых в качестве основного удобрения при возделывании люпина узколистного в экологически безопасных дозах, обеспечивают статистически значимое снижение кислотности почвы уже в первой ротации севооборота.

Следует отметить, что внесение твёрдой фракции навоза при всех способах её утилизации способствуют более быстрому снижению кислотности пахотного слоя – до 5,7–6,1 ед. pH в среднем за первую ротацию. Это позволяет на осваиваемых землях Нечерноземной зоны после их применения возделывать сельскохозяйственные культуры, требующие слабокислой реакции, а после второй ротации – слабокислой или близкой к нейтральной среды с pH 5,7–6,5 ед. Твёрдая фракция навоза более эффективно раскисляет пахотный слой почвы по

сравнению с жидкими стоками, поскольку данный вид органических удобрений имеет ярко выраженную щелочную реакцию, равную в среднем за годы проведения опытов 7,9 ед. pH, что на 0,5 ед. pH выше, чем за аналогичный период у жидких стоков.

Баланс органического вещества на землях сельскохозяйственного назначения Нечерноземной зоны в большинстве случаев остаётся отрицательным. Это в первую очередь связано с сокращением поголовья животных и уменьшением внесения навоза в среднем в 3,6 раза по сравнению с дореформенным периодом в расчёте на 1 га пашни. Именно крайне низкое содержание органического вещества в пахотном слое (менее 1,5 %) явилось основной причиной перевода таких земель в 90-е годы прошлого столетия в залежь. Для быстрого увеличения запасов органического вещества в корнеобитаемом горизонте осваиваемых земель следует в максимально короткие сроки использовать в допустимых дозах все виды органических удобрений, включая соломистые и пожнивно-корневые остатки полевых культур, заделку зелёной массы сидератов, компосты многоцелевого назначения, органические отходы животноводческих комплексов и другие биологические остатки в экологически безопасных дозах.

На основании анализа данных по расчёту баланса запасов органического вещества в пахотном слое осваиваемых земель на посевах люпина узколистного выявлено, что в контрольном варианте при заделке в почву только измельчённых соломистых и пожнивных остатков побочной продукции дефицит органического вещества в среднем за две ротации севооборота составил -0,319 т/га на фоне минимальной обработки и -0,275 т/га при применении отвальной вспашки. Это явилось существенным уменьшением как для фактора В, так и для взаимодействия факторов АВ (табл. 2).

При этом существенных различий по накоплению органического вещества на фоне применения разных способов заделки органических остатков не обнаружено, хотя наибольшее снижение его баланса отмечено при минимальной обработке (-0,044 т/га при $НСР_{05}$ для фактора В = 0,068 т/га).

2. Баланс органического вещества почвы в двух ротациях севооборота, т/га (2015-2024 г.)*

№ п/п	Система удобрения (фактор А)	Ротация севооборота	Способ заделки (фактор В)	
			минимальная обработка	отвальная вспашка
1	I.Контроль (б/у)	Первая	-0,321	-0,275
		Вторая	-0,316	-0,274
		В среднем	-0,319	-0,275
2	II. Минеральное (N – 115,53, P_2O_5 – 10,0, K_2O – 44,52 кг д.в/га)	Первая	-1,527	-1,724
		Вторая	-1,585	-1,812
		В среднем	-1,556	-1,768
3	III. Жидкие стоки, 80 $м^3$/га + P_{10} кг д.в/га при посеве	Первая	+0,599	+0,438
		Вторая	+0,481	+0,303
		В среднем	+0,540	+0,371
4	IV. Твердая фракция навоза, 40 т/га + P_{10} кг д.в/га при посеве	Первая	+2,377	+2,168
		Вторая	+2,218	+1,996
		В среднем	+2,298	+2,082
$НСР_{05}$	для фактора А		0,076	
	для фактора В		0,068	
	для взаимодействия АВ		0,126	

*Исходное значение органического вещества – 58,7 т/га.

Возделывание люпина узколистного с внесением в качестве основного удобрения расчётных доз минеральных удобрений под запланированную урожайность увеличило дефицит органического вещества по сравнению с исходным значением. В среднем за период исследований дефицит составил –1,556 т/га при минимальной обработке и –1,768 т/га при применении отвальной вспашки. Таким образом, при использовании минеральной системы удобрения на фоне отвальной вспашки дефицит органического вещества в пахотном слое осваиваемой почвы в среднем за две ротации севооборота оказался на 0,212 т/га выше, чем при минимальной обработке. Это различие достоверно как для способов заделки, так и для взаимодействия факторов АВ ($НСР_{05}$ = 0,126 т/га).

Утилизация жидких стоков свиноводческого комплекса в качестве основного удобрения при возделывании люпина узколистного на зерно обеспечивает положительный баланс органического вещества. В среднем за две ротации севооборота он составил +0,540 т/га при заделке дисковыми орудиями и +0,371 т/га при использовании отвальных плугов. Положительная разница в пользу минимальной обработки достигла +0,169 т/га, что статистически достоверно для взаимодействия факторов АВ.

В наших исследованиях максимальная прибавка органического вещества на посевах люпина узколистного отмечена при систематической заделке в пахотный слой осваиваемой почвы твёрдой фракции навоза в дозе 40 т/га. В среднем за две ротации севооборота она равна +2,298 т/га при заделке дисковыми орудиями и +2,082 т/га при использовании отвальной вспашки. Разница в поступлении органического вещества в пользу минимальной обработки составила +0,216 т/га, что также является статистически значимой величиной для взаимодействия изучаемых факторов АВ.

Следовательно, по мере увеличения антропогенной нагрузки при возделывании люпина изменяется динамика накопления органического вещества в пахотном слое осваиваемой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы с промывным типом водного режима. Если в контрольном варианте без дополнительного применения удобрений достоверной разницы между способами обработки не установлено, то при внесении всех изученных систем удобрения существенные преимущества по концентрации органического вещества в слое 0–20 см обеспечивает минимальная обработка. Данное обстоятельство объясняется тем, что на фоне минимальной обработки накопление органического вещества происходит преимущественно в посевном слое 0–10 см, куда поступают как остатки побочной продукции, так и отходы животноводческих комплексов. Кроме того, люпин обладает мощноразвитой корневой системой, способен выделять органические кислоты, обеспечивающие высокую активность микроорганизмов и быстрое разложение органического вещества до простых минеральных соединений в зоне ризосферы. Также следует отметить, что урожайность люпина узколистного на фоне отвальной вспашки выше, чем при использовании минимальной обработки, поэтому минерализация органического вещества и вынос биофильных элементов в первом случае более интенсивны, чем при заделке удобрений дисковыми орудиями.

Подводя итог, следует отметить, что за десятилетний период исследований не удалось достичь целевых показателей содержания гумуса в почве ни при одной

системе удобрения и способах обработки почвы. Однако, применение органической системы позволило предотвратить потери гумуса и органического вещества, выравнять баланс, а к концу второй ротации севооборота сделать его положительным. Что касается поддержания оптимальной кислотности почвы $pH_{сол.}$ 5,5-6,0, то данный показатель практически достигнут с учетом внесения физиологически щелочных отходов животноводческих комплексов.

Проведение дифференцированной разноглубинной обработки почвы не только способствует предотвращению переуплотнения, но также рекомендуется для гомогенного распределения органического вещества и биофильных элементов в корнеобитаемом слое, создания условий для активной деятельности почвенной микрофлоры.

Выводы. 1. Применение органических удобрений на основе отходов свиноводческих комплексов (жидкие стоки в дозе 80 м³/га и твёрдая фракция навоза в дозе 40 т/га) обеспечивает статистически значимое снижение кислотности дерново-подзолистой почвы. Наибольший эффект достигается при заделке дисковыми орудиями (минимальная обработка): за две ротации севооборота pH снизился на 1,01–1,30 ед., что позволяет уже после первой ротации возделывать культуры, требовательные к слабокислой среде. Минеральная система удобрения существенного влияния на кислотность не оказала.

2. Баланс органического вещества в пахотном слое определяется видом удобрений и способом их заделки. Максимальное накопление органического вещества (+2,298 т/га за две ротации) достигнуто при систематическом внесении твёрдой фракции навоза с заделкой дисковыми орудиями. Использование жидких стоков также формирует положительный баланс (+0,540 т/га), тогда как минеральные удобрения и контроль (без удобрений) приводят к дефициту органического вещества.

3. Для эффективного воспроизводства плодородия осваиваемых залежных дерново-подзолистых земель легкосуглинистого гранулометрического состава, при наличии в хозяйстве крупных животноводческих комплексов, рекомендовано сочетание твёрдой фракции навоза (40 т/га) с минимальной обработкой почвы. Это обеспечивает быстрое раскисление пахотного слоя и положительный баланс органического вещества. Жидкие стоки свиноводческих комплексов также могут использоваться в качестве экологически безопасного удобрения, способствующего улучшению агрохимических свойств почвы.

Литература

1. *Буряк С.М., Черникова О.В., Мажайский Ю.А.* Восстановление плодородия малопродуктивных дерново-подзолистых почв, вновь вводимых в сельскохозяйственный оборот // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 1. – С. 56–63.
2. *Гамм Т.А., Гривко Е.В., Идигенов Б.Б.* Влияние на урожай яровой пшеницы удобрений из органических отходов на черноземе обыкновенном // Плодородие. – 2023. – № 2. – С. 76–79. DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.17.
3. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
4. *Каюмов М.К.* Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.
5. *Кирейчева Л.В., Карпенко Н.П., Яшин В.М. и др.* Научные основы и технологические приемы комплексного регулирования параметров агроэкосистемы/ Под ред. Л.В. Кирейчевой. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2022. – 234 с.
6. *Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Назарова Т.О. и др.* Влияние удобрений и норм высева люпина на продуктивность люпино-ячменной смеси на сенаж и зерно при разных погодных условиях в Центральном Нечерноземье // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 2. – С. 80–87. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-2-80-87.
7. *Лыбенко Е.С., Емелев С.А.* Зеленая масса сортов люпина узколистного как источник почвенного плодородия // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. – Т. 19, № 4. – С. 618-630. DOI: 10.22363/2312-797X-2024-19-4-000-000.
8. *Налиухин А.Н.* Изменение агрохимических свойств и микробоценоза дерново-подзолистой почвы при применении удобрений и известковании // Плодородие. – 2021. – № 5. – С. 44–48. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.11.
9. *Сычев В.Г., Шевцова Л.К., Мерзлая Г.Е.* Исследование динамики и баланса гумуса при длительном применении систем удобрения на основных типах почвы // Агрохимия. – 2018. – № 2. – С. 3–21.
10. *Сычев В.Г., Шевцова Л.К., Мерзлая Г.Е., Беличенко М.В.* Оценка результатов мониторинга содержания и баланса гумуса в длительных опытах Геосети // Плодородие. – 2017. – № 6. – С. 28–30.
11. *Сырчина Н.В., Пилип Л.В., Ашихмина Т.Я.* Химическая деградация земель под воздействием отходов животноводства // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 3. – С. 219–225. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-3-219-225.
12. *Шевченко В.А., Соловьёв А.М., Бондарева Г.И. [и др.]* Безопасное использование органических отходов свиноводческих комплексов при вовлечении в оборот земель сельскохозяйственного назначения: Методические рекомендации. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2021. – 40 с. – ISBN 978-5-907464-10-0. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2021.77.10.001. – EDN PCCSKG.
13. *Шевченко В.А., Соловьев А.М., Бондарева Г.И., Попова Н.П., Кульчев А.Ю.* Регулирование потоков биогенных элементов в агроэкосистемах осваиваемых земель Нечерноземной зоны России. – М.: ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, 2025. – 206 с.
14. *Шевченко В.А., Соловьёв А.М., Бондарева Г.И., Попова Н.П.* Энергетическая оценка внесения органических отходов свиноводческого комплекса на осваиваемых землях Верхневолжья // Плодородие. – 2023. – № 4. – С. 46–49. DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.11.
15. *Шешенев Н.В., Мажайский Ю.А.* Динамика агрофизических показателей почвы при освоении залежных земель в условиях Центрального Нечерноземья // Мелиорация. – 2023. – № 4. – С. 48–53.
16. *Geisseler D., Scow K.M.* Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms – A review // Soil Biology and Biochemistry. 2014. Vol. 75. P. 54–63. DOI: 10.1016/j.soilbio.2014.03.023.

SOIL ACIDITY AND ORGANIC MATTER BALANCE IN THE DEVELOPMENT OF DEGRADED LANDS OF THE UPPER VOLGA REGION

V.A. Shevchenko, A.M. Solovyov, G.I. Bondareva, N.P. Popova
Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov"
127434, Moscow, 44/2 Bolshaya Akademicheskaya str., Tel. +7 (499) 153-72-70

The studies were conducted in the Tver region on soddy-podzolic light loamy soil. The influence of fertilizer systems (mineral, liquid pig manure 80 m³/ha, solid fraction of manure 40 t/ha, control – plant residues) and tillage methods (moldboard plowing, minimum disking) during the cultivation of narrow-leaved lupine in a five-field crop rotation was studied. It was found that organic fertilizers reduce acidity (pH +1.13–1.67) and ensure a positive balance of organic matter (up to +2.298 t/ha), especially with minimum tillage. The use of the solid fraction of manure with disking can be considered as a promising option under the studied conditions for the effective reproduction of fertility of fallow lands.

Keywords: soddy-podzolic soil; fallow lands; narrow-leaved lupine; soil acidity; organic matter; humus balance; liquid pig manure; solid fraction of manure; mineral fertilizers; minimum tillage; moldboard plowing; Upper Volga region.