

## ЭФФЕКТ НИЗИННОГО ТОРФА НА ГУМУСОВЫЙ ПРОФИЛЬ И ДОСТУПНЫЕ ФОРМЫ АЗОТА В ПАХОТНОЙ СУПЕСИ ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Л.А. Никифорова, аспирант  
Казанский государственный аграрный университет  
(Россия, г. Казань)

DOI:10.24412/2500-1000-2026-5-1-216-220

**Аннотация.** Деградация дерново-подзолистых супесчаных почв Предкамья Республики Татарстан требует разработки эффективных мероприятий по восстановлению гумуса и улучшению азотного режима агроценозов. Целью работы является оценка влияния внесения низинного торфа (18 т/га) и многолетних бобовых трав в течение трех лет (2023–2025 гг.) на гумусовый профиль и доступные формы азота в агродерново-подзолистой супесчаной почве. Методы включали ХДФ-фракционирование серной кислотой, метод Кёршенса, рН, обменных оснований и форм азота. Торф повысил содержание органического вещества и повлиял на концентрацию всех фракций ПОВ, особенно трудноокисляемую фракцию на 127,9%, при этом содержание *C<sub>trans</sub>* торфа составило 21,41%, превысив целинную почву. Кроме того, внесение торфа сопровождалось ростом урожайности на 41,7% и увеличением содержания белка на 22,3%.

**Ключевые слова:** торф; почвенное органическое вещество; углерод; агротехнология; повышение урожайности; супесчаная дерново-подзолистая почва.

Деградация дерново-подзолистых почв остаётся актуальной проблемой агрохимии и экологии почв, что определяет необходимость поиска эффективных мер по сохранению и восстановлению их продуктивности и качества почвенного органического вещества. В условиях пахотной супеси Предкамья РТ остро стоит задача не только поддержания суточной урожайности, но и «сохранения» углеродного и гумусового запасов, повышения устойчивости агроценоза к эрозионным и деградиционным процессам [1]. В этой связи исследования, направленные на оценку влияния применения органических вложений и агротехнических приёмов на гумусовый профиль и доступные формы азота, приобретают особую значимость для региональной агроэкологии и плодородия почв. Добавление низинного торфа в почвы может приводить к улучшению структурно-агрегатного состояния агродерново-подзолистой супесчаной почвы, способствует повышению органического вещества почвы и непосредственно отражается на продуктивности растений и устойчивости агроценозов [2]. В зарубежной литературе отмечается вклад углерода в депонирование в пахотных системах и роль органических материалов как факторов, усиливающих устойчивость почв к деградациям и эрозии. Использование многолетних бобовых трав для систем-

ных аграрно-экологических целей признано эффективным способом улучшения плодородия и структуры дерново-подзолистых супесчаных почв [3]. Данное исследование состоит в первичном системном анализе влияния применения 18 т/га низинного торфа и посева многолетних бобовых трав на гумусовый профиль и доступные формы азота в пахотной супеси Предкамья РТ, что позволяет учесть региональные особенности почвообразовательных процессов и предложить практические рекомендации для повышения устойчивости почвенного плодородия в условиях агрогенеза.

### Материалы и методы исследований

Объект исследования – агродерново-подзолистые почвы Предкамья Республики Татарстан. Опыты заложены на территории Учебного сада Казанского государственного аграрного университета в летнем периоде 2023–2025 гг. Образцы получены с агродерново-подзолистой почвы и целинного участка под широколиственным лесом. Материнские породы – древнеаллювиальные супеси. Исходное содержание органического вещества – 1,7% (малогумусированная почва); содержание физической глины – 16,0% – агродерново-подзолистая мелкопылеватая супесчаная почва; коэффициент структурности 0,72%; рН КС1 6,15. Схема опыта: контроль (многолет-

ние травы без торфа); торф низинный 18 т/га (вносился на глубину 10-20 см) с многолетними травами; целина (под широколиственным лесом) как эталон. Площадь делянки каждого варианта – 1 м<sup>2</sup>. Горизонт отбора образцов – агрогумусовый (0-31 см). Низинный торф с рН КС1 5,0-6,2; содержание ОВ до 80%; зольность до 20%. Торф применялся в пределах указанных параметров для сохранения детерминированной реакции почвенного профиля. Посев трав на глубину 3-4 см; ширина междурядий 20 см. Посевной формат на 1 м<sup>2</sup>: эспарцет 2 г, люцерна 0,6 г, тимофеевка 0,5 г. Определяли органическое вещество ГОСТ 26213-74, рН ГОСТ 26483-85 (ЦИ-НАО). Фракционирование устойчивого органического вещества (ПОВ): метод химического дисперсионного фракционирования (ХДФ) серной кислоты различной концентрации (0-100%), выделено 11 фракций, объединённых в три группы: лабильная (1-4), среднеокисляемая (5-7) и трудноокисляемая (8-11). Гранулометрический состав: суммарные фракции размером <0,01 мм (физическая глина, %). Расчёт  $C_{\text{min}}$  по методу М. Кёрзенса для лёгких почв:  $C_{\text{min}} = (\% \text{ фракций } <0,01 \text{ мм}) \times 0,4$ . Определение обменного кальция и обменного магния: ГОСТ 26487-85, нитратного азота ГОСТ 26951-86, аммонийного азота ГОСТ 26489-85, определение щёлочногидролизуемого азота по методу Корнфилда.

### Результаты и обсуждения.

Исследование органического вещества и физико-химических свойств агродерново-подзолистой супесчаной почвы проводили в пределах пахотного слоя 0-31 см, полученные данные по вариантам опыта представлены в таблице 1. Внесение торфа приводит к подкислению почвы: рН Торфа 5,1 по сравнению с Контролем 5,8 и Эталонном Целина 5,7.

Уровни кальция (Ca) и магния (Mg) изменяются в зависимости от варианта: Торф демонстрирует наиболее высокий уровень Ca (13,7 ммоль/100 г) и Mg (1,3 ммоль/100 г), сопоставимый с Целиной по Ca и выше Контроля; вместе с тем Фон характеризуется заметным дефицитом Ca и более низким Mg. Эти различия влияют на доступность питательных элементов и сложность агротехнического управления почвенным плодородием. Несмотря на наиболее низкие значения рН в варианте с торфом (5,1), степень насыщенности основаниями (V%) в данном варианте оказалась наибольшей и составила 88,2%, что объясняется высоким содержанием обменных катионов  $Ca^{2+}$  (13,7 м-экв/100г) и  $Mg^{2+}$  (1,3 м-экв/100г) при минимальной гидролитической кислотности (1,3 м-экв/100г). Это свидетельствует о том, что внесение низинного торфа обогатило почву обменными основаниями, улучшив её буферные свойства, несмотря на подкисляющий эффект торфа. Известно, что соотношение C/N является важным показателем качества органического вещества почвы. Соотношение C: N во всех вариантах опыта (6,5-9,5:1) свидетельствует об активной минерализации органического вещества и хорошей обеспеченности почвы азотом. Наиболее узкое соотношение отмечено на варианте Фон (6,5:1), что указывает на наименьшее накопление органики и высокую скорость её разложения. На вариантах Целина и Контроль значения C: N одинаковы (9:1), что скорее всего говорит о сходном характере трансформации органического вещества. Внесение торфа незначительно расширило соотношение до 9,5:1, что объясняется поступлением более устойчивых к разложению органических соединений, однако в целом минерализация остаётся активной.

Таблица 1. Содержание органического углерода и физико-химические свойства агродерново-подзолистой супесчаной почвы Предкамья РТ (0-31 см)

Вариант опыта	Глубина взятия образца, см	Орг.вещество%	Сорг%	N <sub>общ</sub> %	C: N	рН	Обменные основания		Гидр-ая кисл-ть	V%	Сумма фракций <0,01 мм, %)
							Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>			
							М-экв. На 100г				
Целина	0-31	1,8±0.4	1,04	0,115	9:1	5,7	13,3	1,0	2,2	85,6	25,3
Фон	0-31	1,0±0.5	0,58	0,089	6,5:1	5,3	12,8	0,9	2,6	63,2	21,3
Контроль	0-31	1,6±0.6	0,93	0,104	9:1	5,8	13,0	1,1	3,0	70,8	23,8
Торф	0-31	2,0±1.2	1,16	0,122	9,5:1	5,1	13,7	1,3	1,3	88,2	26,7
НСР <sub>05</sub>		0,19	0,53	0,23	1,13	1,22	1,15	1,13	0,6	4,36	

Физическая глина (сумма фракций <0,01 мм, %) характеризует структурные свойства почвы: Целина 25,3%; Контроль 23,8%; Фон 21,3%; Торф 26,7%, что подтверждает статус почвы как супеси. По методу Кёршенса рассчитаны показатели  $C_{min}$  и  $C_{trans}$  для лёгких почв:  $C_{min}$  ( $\times 0,4$ ) — Целина 10,12%; Контроль 9,52%; Фон 8,52%; Торф 10,68%. Значения  $C_{trans}$  (ПОВ общий –  $C_{min}$ ) составляют: Целина 15,24%; Контроль 6,19%; Фон 5,08%; Торф 21,41%. Доля  $C_{trans}$  от ПОВ: Целина 60,1%; Контроль 39,4%; Фон

37,4%; Торф 66,7%. Ключевые моменты:  $C_{trans}$  торфа (21,41%) существенно превышает показатель Целины (15,24%), демонстрируя высокий потенциал торфа к переносу и хранению углерода в устойчивых формах; Фоновая почва имеет минимальный  $C_{trans}$  (5,08%), что свидетельствует об истощении почвы и ограниченных резервах гумуса. Расчёт по методу Кёршенса обосновывает необходимость сохранения гумуса и контроля устойчивых форм углерода при интенсивном внесении торфа (табл. 2).

Таблица 4 Содержание физической глины и показатели органического углерода по методу Кёршенса в гумусово-аккумулятивном горизонте (0-31 см)

Вариант опыта	Физическая глина, %	$C_{min}$ %	ПОВ Общее, %	$C_{trans}$ %
Целина	25,3	10,12	25,36	15,24
Фон	21,3	8,52	13,60	5,08
Контроль	23,8	9,52	15,71	6,19
Торф	26,7	10,68	32,09	21,41

В рамках работы оценивался эффект низинного торфа (18 т/га) на фракционный состав органических элементов почвообразующей растительно-органической фракции в пахотной супеси Предкамья РТ посредством химического дисперсионного фракционирования серной кислотой различной концентрации (ХДФ). Фракции разделены на три группы: лабильная (1-4), среднеокисляемая (5-7) и трудноокисляемая, стабильная (8-11). Анализ данных показал, что добавление торфа существенно перераспределяет фракционный состав: общая доля лабильной фракции увеличилась на 67,9%, среднеокисляемой – на 99,1%, трудноокисляемой – на 127,9% по сравнению с Контролем. Соотношение фракций по Сорг смещено в сторону более устойчивых к окислительной обработке фракций; для Торфа суммарная доля устойчивых фрак-

ций (лабильно+среднеокисляемых+трудноокисляемых) возросла до 32,09% против 15,71% в Контроле. При этом относительные доли по крупным компонентам снижаются в сравнении с эталоном Целина, что указывает на изменение углеродного баланса и структуры гумуса. Целина как эталон демонстрирует сбалансированный профиль фракций, с меньшей долей лабильной и более устойчивой структурой гумуса. Введение торфа ведет к усилению депонирования углерода и стабилизации гумуса за счет увеличения долей среднеокисляемых и особенно трудноокисляемых фракций, что имеет благоприятные экологические последствия: усиление гумусового слоя, замедление углеродного цикла в почве и повышение устойчивости к эрозии. (табл. 3).

Таблица 3. Показатели ХДФ органического вещества гумусово-аккумулятивного горизонта (0-31 см) агродерново-подзолистой супесчаной почвы Предкамья РТ, ПОВ %

Фракция	Целина ПОВ%	Фон ПОВ%	Контроль ПОВ%	Торф ПОВ%
Лабильная	5,26	3,43	4,02	6,75
Среднеокисляемая	6,83	4,22	4,52	9,00
Трудноокисляемая	13,27	5,95	7,17	16,34

Эти эффекты сопровождаются изменением доступности азота через перераспределение гумусовых форм, что требует дальнейшего

соотнесения с функциональной доступностью азота в пахотных условиях.

**Доступные формы азота (мг/кг, слой 0-31 см).** Данные по азоту в поверхностном

слое 0-31 см показывают, что целенаправленное внесение торфа изменяет доступность азотистых форм: при Торфе нитратный азот возрастает до 5,2 мг/кг против менее 2,8 мг/кг в Контроле и Фоне, что свидетельствует о росте мобильности азота и повышенном риске вымывания нитратного азота в незащищённых условиях. Аммонийный азот относится к устойчивым константам и не демонстрирует существенных различий между вариантами: 2,0-2,1 мг/кг. Щёлочногидролизующий азот, отражающий более устойчивые гумусовые формы, у Торфа и Контроля совпадает на

77 мг/кг, что указывает на схожий запас устойчивого азота в этих условиях; однако Целина демонстрирует значительную интенсификацию щёлочногидролизующего азота до 175 мг/кг, что указывает на более развитый гумусовый запас и более устойчивую азотную емкость в этом эталоне. Фон характеризуется снижением щёлочногидролизующего азота на 11,7% по сравнению с Контролем, что может свидетельствовать о начальном истощении гумусовых форм азота без внесения торфа (табл. 4).

Таблица 4. Содержание доступных форм азота в агродерново-подзолистой супесчаной почве Предкамья РТ (0-31 см), мг/кг

Вариант опыта	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Мг/кг	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> мг/кг	Щёлочногидролизующий азот (по Корнфилду), мг/кг
Целина	6,9	2,0	175
Фон	<2,8	1,6	68
Контроль	<2,8	2,0	77
Торф	5,2	2,1	77

Внесение торфа обеспечило существенную прибавку урожайности (+41,7%), рост содержания белка (+22,3%) свидетельствует об улучшении азотного питания растений (табл. 5).

Таблица 5. Влияние торфа на урожайность и содержание белка многолетних трав

Показатель	Контроль	Торф	Прибавка, %
Белок, %	19,3	23,6	+22,3
Урожайность, т/га	8,4	11,9	3,5т/га (+41,7%)

#### Выводы:

1. Внесение 18 т/га низинного торфа повысило устойчивые запасы органического вещества в почве: содержание ОМ увеличилось с 1,6% до 2,0% при одновременном подкислении почвы (рН 5,1-5,8) и росте суммарной оснований за счёт Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> до 88,2%, свидетельствуя о улучшении буферности и обменной емкости.

2. Соотношение C:N в почвенном профиле возрастает до 9,5:1 под влиянием торфа, что указывает на активную минерализацию органического вещества и вовлечённость торфяных фракций в формирование более устойчивых углеродных соединений.

3. По методу Кёршенса C<sub>trans</sub> торфа составляет 21,41%, что существенно выше для целины (15,24%) и контроля (6,19%), отражая высокий потенциал депонирования углерода и стабилизацию гумуса.

4. ХДФ-фракционирование подтвердило увеличение всех фракций полифункциональ-

ного углерода: лабильная (+67,9%), среднеокисляемая (+99,1%) и трудноокисляемая (+127,9%) по сравнению с контролем, свидетельствуя о более устойчивой гумусовой модульности и стабилизации гумуса под действием торфа.

5. Нитратный азот возрос до 5,2 мг/кг при внесении торфа (против <2,8 мг/кг в контроле); щёлочногидролизующий азот на уровне контроля (77 мг/кг), тогда как в целине этот показатель достигает 175 мг/кг, что отражает перераспределение азотных форм и повышенную минерализацию в условиях торфяного слоя.

6. Урожайность многолетних трав при торфяной системе увеличилась на 41,7%, содержание белка возросло на 22,3%, что демонстрирует положительную агрономическую пригодность внесения низинного торфа для продуктивности и качественных показателей кормовых культур.

С учетом полученных данных, применение низинного торфа в сочетании с многолетними бобово-злаковыми травостоями на супесчаных почвах Предкамья РТ демонстрирует высокую перспективность: значимое перераспределение гумусовых форм в сторону устойчивых, увеличение доступного азота в корневой зоне, рост урожайности и белка у трав, а

это косвенно поддерживает продуктивность соседних культур и устойчивость агросистемы. Для обеспечения устойчивости необходимы меры по контролю латентной нитратной подвижности и корректному известкованию для минимизации риска закисления и дефицита Ca/Mg, а также режимы мелиоративной агротехники для снижения потерь азота.

#### Библиографический список

1. Гилязов М.Ю., Лукманов А.А., Зарипов Д.Ф. Почвенный покров и гумусное состояние пахотных почв Предволжья Республики Татарстан // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2024. – № 4. – С. 18-25. – DOI: <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2024-18-25>.
2. Никифорова Л.А., Гаффарова Л.Г. Влияние бентонитовых глин и торфа на структурно-агрегатное состояние агродерново-подзолистой супесчаной почвы Предкамья Республики Татарстан // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2025. – № 5. – DOI: <https://doi.org/10.51419/202155505>.
3. Smith P., Soussana J.F., Angers D., Schipper L., Chenu C., Rasse D.P., ... & Arias-Navarro C. (2019). How to measure, report and verify soil carbon change to realize the potential of soil carbon sequestration for atmospheric greenhouse gas removal. *Global change biology*.
4. Эффективность и оптимизация систем удобрения в севооборотах с разной долей многолетних трав на дерново-подзолистой почве центра нечерноземной зоны России / В.В. Конончук, В.Д. Штырхунов, Г.В. Благовещенский, С.М. Тимошенко, Т.О. Назарова // Агрехимия. – 2020. – № 7. – С. 36-46
5. Хисматуллин М.М. Развитие противоэрозийной мелиорации в Республике Татарстан и ее эколого-экономическая эффективность // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 3 (118). – С. 23-30.
6. Попов А.И., Русаков А.В. Хемодеструкционное фракционирование органического вещества почвы // Почвоведение. – 2016. – № 6. – С. 663-670.
7. Когут Б.М. Принципы и методы оценки содержания трансформируемого органического вещества в пахотных почвах // Почвоведение. – 2003. – № 3. – С. 308-316.

### THE EFFECT OF LOWLAND PEAT ON THE HUMUS PROFILE AND AVAILABLE FORMS OF NITROGEN IN THE ARABLE SANDY LOAM OF THE KAMA REGION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

L.A. Nikiforova, *Postgraduate Student*  
Kazan State Agrarian University  
(Russia, Kazan)

**Abstract.** *The degradation of sod-podzolic sandy loam soils in the Predkamye region of the Republic of Tatarstan requires the development of effective measures to restore humus and improve the nitrogen regime of agrocenoses. The aim of this work is to assess the impact of applying lowland peat (18 t/ha) and perennial legume grasses for three years (2023-2025) on the humus profile and available nitrogen forms in the agro-sod-podzolic sandy loam soil. The methods included sulfuric acid X-ray diffraction fractionation, Kurshens method, pH, exchange bases and nitrogen forms. Peat increased the content of organic matter and affected the concentration of all fractions of POM, especially the hard-oxidizable fraction by 127.9%, while the content of Ctrans peat was 21.41%, exceeding the virgin soil. In addition, the application of peat was accompanied by a 41.7% increase in yield and a 22.3% increase in protein content.*

**Keywords:** *peat; soil organic matter; carbon; agrotechnology; yield increase; sandy loam sod-podzolic soil.*