
АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ

**Содержание гумуса и лабильного органического вещества
в черноземе выщелоченном Плавского района Тульской области
при различном характере землепользования**

**Кира Сергеевна Бородина[✉], Николай Викторович Минаев,
Борис Анорьевич Борисов**

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

[✉]Автор, ответственный за переписку: k.bor@rgau-msha.ru

Аннотация

Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации способствовала активному возврату в пашню залежных земель, что в свою очередь открывает новые возможности по изучению изменений свойств почв в таких условиях. Исследовано изменение содержания гумуса и лабильного органического вещества чернозема выщелоченного (Luvic Chernic Phaeozems) в лесостепной зоне в условиях Тульской области при возврате в пашню из залежного состояния. Было выбрано 4 участка с разным характером землепользования: пашня с яровыми культурами; пашня с многолетними травами; залежный участок, введенный в оборот, и целинный участок для сравнения. Исследования проведены в период с 2022 по 2024 гг. На участке с постоянным использованием под пашню среднее содержание гумуса в пахотном слое было наиболее низким и стабильным в течение трех лет – 6,06%. На участке с целиной и на участке после распашки многолетних трав среднее содержание гумуса в почве было примерно одинаковым и превышало содержание гумуса на постоянной пашне на 0,6%, наиболее высокое содержание гумуса (7,17%) отмечено в почве распаханной залежи. Содержание лабильного органического вещества (ЛОВ) в пахотном слое почвы под постоянной пашней стабилизировалось на наиболее низком для исследуемых участков уровне – 0,38%. Достоверно ($p = 0,05$) наиболее высокое содержание ЛОВ отмечено для пахотного горизонта почвы после распашки многолетних трав, менее выраженное, но также достоверное повышение содержания ЛОВ наблюдалось в пахотном горизонте распаханной залежи. В этих вариантах на третий год после распашки произошло заметное снижение содержания ЛОВ – по-видимому, вследствие минерализации.

Ключевые слова

Органическое вещество почв, чернозем выщелоченный, Luvic Chernic Phaeozems, залежь, лабильное органическое вещество почв

Для цитирования

Бородина К.С., Минаев Н.В., Борисов Б.А. Содержание гумуса и лабильного органического вещества в черноземе выщелоченном Плавского района Тульской области при различном характере землепользования // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 2. С. 20–31.

**Content of humus and labile organic matter in leached chernozem
of the Plavsky District of the Tula Region under different land use patterns**

Kira S. Borodina, Nikolay V. Minaev✉, Boris A. Borisov

Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉ **Corresponding author:** k.bor@rgau-msha.ru

Abstract

The state program for the effective involvement of agricultural lands in the turnover and development of the reclamation complex of the Russian Federation has contributed to the active return of fallow lands to arable land, which in turn opens up new opportunities for studying changes in soil properties in such conditions. The article examines the issue of changes in the content of humus and labile organic matter of leached chernozem (Luvic Chernic Phaeozems) of the forest-steppe zone in the conditions of the Tula Region upon return to arable land from the fallow state. Four plots with different land use patterns were selected – arable land with spring crops, arable land with perennial grasses, fallow land put into turnover and virgin land for comparison. The studies were conducted in the period from 2022 to 2024. On the plot with permanent arable land use the average humus content in the arable layer was the lowest and most stable for three years – 6.06%. The average humus content in the soil of the virgin land and the land after plowing of perennial grasses was approximately the same and exceeded the humus content in the permanent arable land by 0.6%, the highest humus content (7.17%) was found in the soil of the plowed fallow land. The content of labile organic matter (LOM) in the arable soil layer under permanent arable land stabilized at the lowest level of 0.38% for the studied plots. The highest significant LOM content ($p = 0.05$) was observed in the soil horizon after plowing perennial grasses, less pronounced but also reliable increase of LOM content was observed in the soil horizon of the plowed fallow land. In these variants, in the third year after plowing, there was a noticeable decrease in the LOM content, apparently due to mineralization.

Keywords

Soil organic matter, leached chernozem, Luvic Chernic Phaeozems, fallow lands, labile soil organic matter

For citation

Borodina K.S., Minaev N.V., Borisov B.A. Content of humus and labile organic matter in leached chernozem of the Plavsky District of the Tula Region under different land use patterns. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 2. P. 20–31.

**Введение
Introduction**

В настоящее время в России, в соответствии с Государственной программой эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации, поставлена задача возврата залежных земель в пашню [1]. Поскольку в составе залежных земель значительную долю занимают маргинальные земли, одним из важных вопросов, возникающих в процессе вовлечения постагrogenных земель в сельскохозяйственный оборот, является оценка

их уровня плодородия. Многие исследователи отмечают нецелесообразность возврата залежей в пашню без предварительного анализа состояния почв и растительности, поскольку это может привести к возобновлению различных процессов деградации почв [2–9]. Важнейшим показателем почвенного плодородия является состояние системы органических веществ почвы, которая оказывает существенное влияние почти на все агрономически значимые свойства почв. При этом лабильная часть органического вещества почвы наиболее чувствительна к изменениям характера использования почв. Кроме того, исследование динамики органического углерода в почве в условиях возврата залежных земель в пашню имеет большое значение в связи с глобальной повесткой баланса углерода и изменения климата. В период с 1990 по 2005 гг. в почвах России за счет залежных земель накоплены запасы органического углерода порядка 252 ± 32 Мт для площади 14,80 млн га, что представляет собой колоссальный долговременный резерв [10].

Многочисленные исследования и наблюдения показали, что длительное использование черноземов в сельском хозяйстве приводит к снижению запасов гумуса [8, 11]. При восстановлении естественной растительности под залежью наблюдается процесс увеличения содержания гумуса и его запасов. Так, для лесостепных черноземов Зауралья отмечено, что использование чернозема выщелоченного в течение 25 лет под пашней привело к достоверному снижению содержания гумуса в пахотном слое с 7,6 до 6,9% от массы почвы ($\text{HCP}_{05} = 0,3\text{--}0,4\%$). Перевод почвы в залежное состояние на 5 лет не восстановил данный показатель до первоначальных значений. При этом в более глубоких слоях почвы процесс дегумификации продолжался вследствие дефицита растительных остатков. Восстановление содержания гумуса в пахотном слое чернозема выщелоченного, ухудшившегося за 25 лет пребывания под пашней, произошло после 35 лет произрастания многолетней травянистой растительности. Скорость накопления гумуса в бывшем пахотном слое чернозема выщелоченного под действием многолетней травянистой растительности достигала 1,7–1,9 т/га в год [12].

Исследование лесостепных черноземов в Курской и Белгородской областях показало, что под лугово-степной растительностью в первые 30 лет залежного режима происходит быстрое прогрессивное восстановление показателей плодородия, а далее существенно замедляется [13]. Изменение вида использования почв слабо влияет на собственно гумусовые органические вещества почв, которые представляют собой большей частью органоминеральные соединения. В первую очередь реагирует лабильная часть почвенного органического вещества, в том числе легкая фракция, которая состоит из растительных остатков разной степени разложения и гумификации, легко подвергается минерализации [14, 15].

Таким образом, вопросы изменения уже введенных в пашню участков открывают новую возможность по изучению почвы выведенных из сукцессионных процессов участков, а мониторинг органического углерода становится глобальной национальной повесткой [16].

Цель исследований: изучение динамики содержания гумуса и лабильного органического вещества в черноземе выщелоченном при различном характере землепользования.

Методика исследований **Research method**

Объектом исследований являлись почвы опытного хозяйства Тульского НИИСХ Плавского района Тульской области. Для отбора образцов были выбраны 4 участка с разным характером использования: пашня – участок с возделыванием яровых зерновых в течение 3 лет; залежь – участок, находившийся в залежном состоянии примерно

15 лет и введенный в оборот в 2022 г., после чего на нем возделывали яровые зерновые; многолетние травы – участок с посевом многолетних трав в 2022 и 2023 гг., которые в 2024 г. были замещены озимой пшеницей; целина – участок с разнотравной растительностью, который не подвергался распашке. Дополнительно выбор участков учитывался на основе проведенного ранее исследования пространственно-временных связей между землепользованием и почвенным покровом пахотных угодий на примере Арсеньевского и Плавского районов Тульской области в период с 1969 по 202 гг. [17]. Почва на всех участках представлена черноземом выщелоченным среднемошным среднегумусным тяжелосуглинистым на лессовидном суглинке [18] (Luvic Chernic Phaeozems [19]). На каждом участке на площадках размером 10×10 м были заложены разрезы и отобраны образцы из верхнего пахотного горизонта и подпахотного горизонта на глубину 0–20 и 20–40 см соответственно. Отбор образцов почв на этих площадках проводили в 2022, 2023 и 2024 гг. в мае. Отбор выполняли по равностороннему треугольнику, углы которого располагались в точке заложения разреза и в двух точках основания треугольника на расстоянии 2 м. Для точной фиксации координат разреза использовался точный геодезический прибор GNSS STONEX Surf III.

Определение органического углерода гумуса выполнялось по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова [20]. В дополнение выполнялось контрольное определение органического углерода в образцах почвы на анализаторе Elementar vario MICRO cube CHNS.

Для определения лабильного органического углерода использовался метод определения легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ) по методу Н.Ф. Ганжары и Б.А. Борисова путем флотации в тяжелой жидкости [20].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

На рисунке 1 приведена диаграмма распределения содержания гумуса в пахотном горизонте по вариантам с разным характером землепользования на экспериментальных участках за 2022–2024 гг. В среднем содержание гумуса в верхнем горизонте профиля (0–20 см) выщелоченного чернозема составляло: для постоянной пашни – 6,06%; для распаханной залежи – 7,17%; для пашни после многолетних трав – 6,71%; для целины – 6,67%. По диаграмме и средним значениям содержания гумуса можно заметить, что содержание гумуса в пахотном горизонте участка под яровыми культурами за последние три года наблюдений находилось на относительно постоянном уровне (6%), то есть в условиях пашни установилось стабильное гумусовое состояние почвы. Также в течение трех лет наблюдалось относительно стабильное гумусовое состояние на целинном участке, где отмечено достоверно ($p = 0,05$) более высокое содержание гумуса (примерно на 0,6%) по сравнению с пахотным аналогом. Отмечается только более высокая дисперсия по сравнению с пашней, что обусловлено скорее всего поступлением с отмершей растительностью свежего органического вещества и включением его в структуру гумуса на целинных участках. На участке пашни с многолетними травами за два года наблюдений содержание гумуса было более чем на 1% выше по сравнению с пахотным участком под яровыми культурами, что также можно связать с поступлением свежего органического вещества с опадом и включением его в структуру гумуса. На третий год наблюдений, после распашки многолетних трав и посева озимой пшеницы, отмечено резкое снижение содержания гумуса до уровня, сопоставимого с пашней под яровыми культурами. Более высокая дисперсия обусловлена, по-видимому, процессами разложения и гумификации органических остатков, поступивших от многолетних трав в предыдущий период. Наблюдения за содержанием гумуса в почве на участке

целины, введенном в пашню за три года, показали отчетливый тренд на снижение содержания гумуса, особенно в год, последующий за введением в оборот. Среднее содержание гумуса снизилось с $7,42 \pm 0,19\%$ в целинной почве в первый год наблюдений до $7,11 \pm 0,16$ и $6,99 \pm 0,33\%$ во второй и третий годы соответственно.

Кроме верхнего горизонта, подвергающегося наибольшему антропогенному воздействию за счет механических обработок, в исследуемых почвах изучали показатели состояния органического вещества залегающего ниже гумусового горизонта А (20–40 см). Предполагалось, что данный горизонт будет иметь более стабильные показатели, близкие по всем вариантам землепользования.

На рисунке 2 приведена диаграмма распределения содержания гумуса, %, в гумусовом подпахотном горизонте (А 20–40 см) по вариантам землепользования на исследуемых участках за 2022–2024 гг.

В подпахотном горизонте чернозема выщелоченного, по полученным данным, наблюдалась неоднозначная картина распределения содержания гумуса как по вариантам, так и по годам. Среднее содержания гумуса в почве пашни в 2022 и 2023 гг. составило $5,95 \pm 0,5$ и $5,83 \pm 0,45\%$, но в третий год наблюдений содержание резко снизилось до $5,28 \pm 0,53\%$ при высокой дисперсии. При этом предпосылок для таких изменений, судя по верхнему горизонту, не было. На участке многолетних трав за два года среднее содержание гумуса составляло $6,01 \pm 0,30$ и $6,06 \pm 0,45\%$, но на третий год резко снизилось до $4,77 \pm 0,50\%$, что коррелирует с изменениями в верхнем горизонте. Но такое резкое изменение в нижнем слое гумусового горизонта, который не подвергался непосредственно механической обработке, сложно объяснить причинами изменения поступления органического материала из растительных остатков, где основной пул поступления органического вещества составляют корни растений.

На рисунках 3, 4 представлены результаты оценки лабильной части органического вещества почв (содержание ЛОВ по Ганжаре и Борисову).

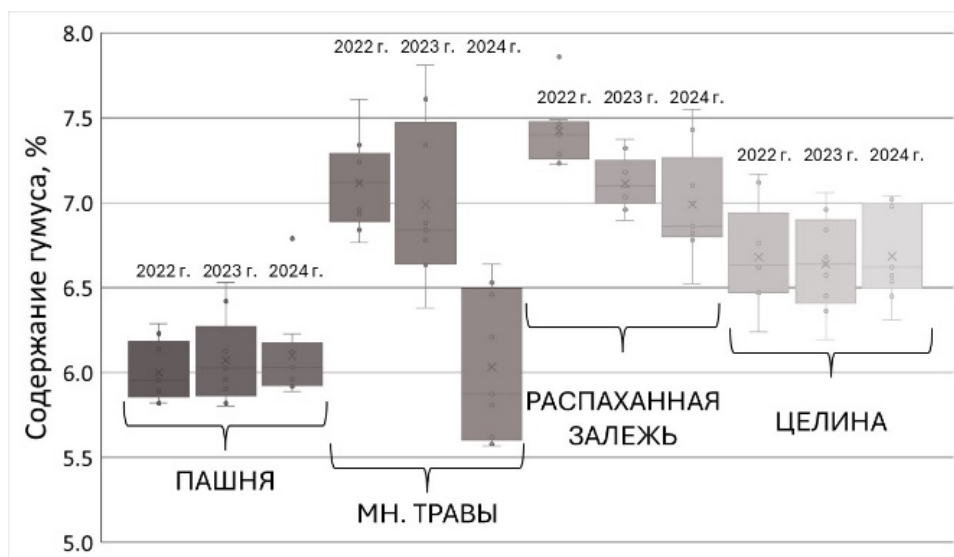


Рис. 1. Диаграмма распределения содержания гумуса, %, в пахотном горизонте ($A_{\text{пах}}$ для целины А5–20) по вариантам землепользования на исследуемых участках за 2022–2024 гг.

Figure 1. Humus content distribution diagram (%) in the soil horizon (A_{arable} for virgin land А5–20) by different land use patterns on the studied plots for 2022–2024

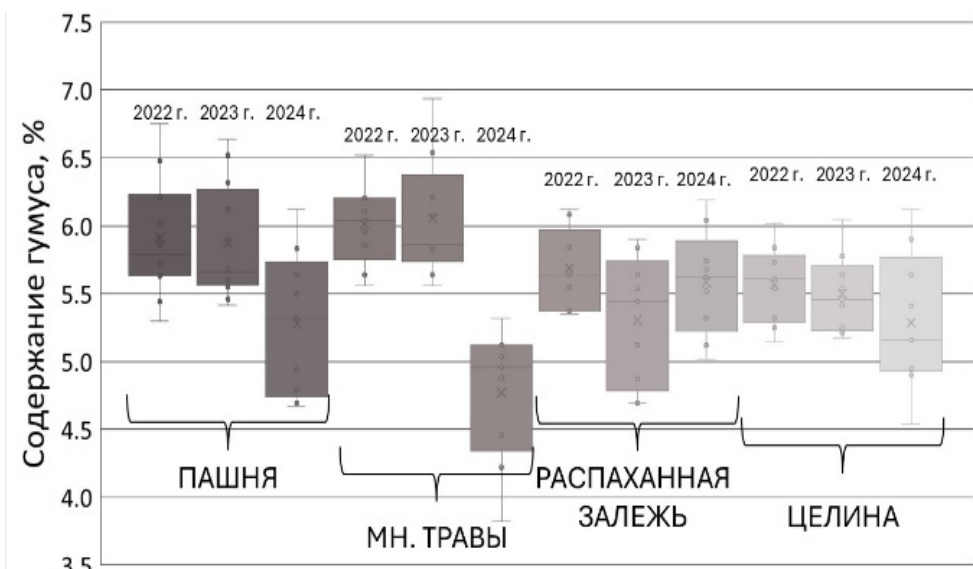


Рис. 2. Диаграмма распределения содержания гумуса, %, в подпахотном горизонте (A20–40 см) по вариантам землепользования на исследуемых участках за 2022–2024 гг.

Figure 2. Humus content distribution diagram (%) in the subsoil horizon (A20–40 cm) by different land use patterns on the studied plots for 2022–2024

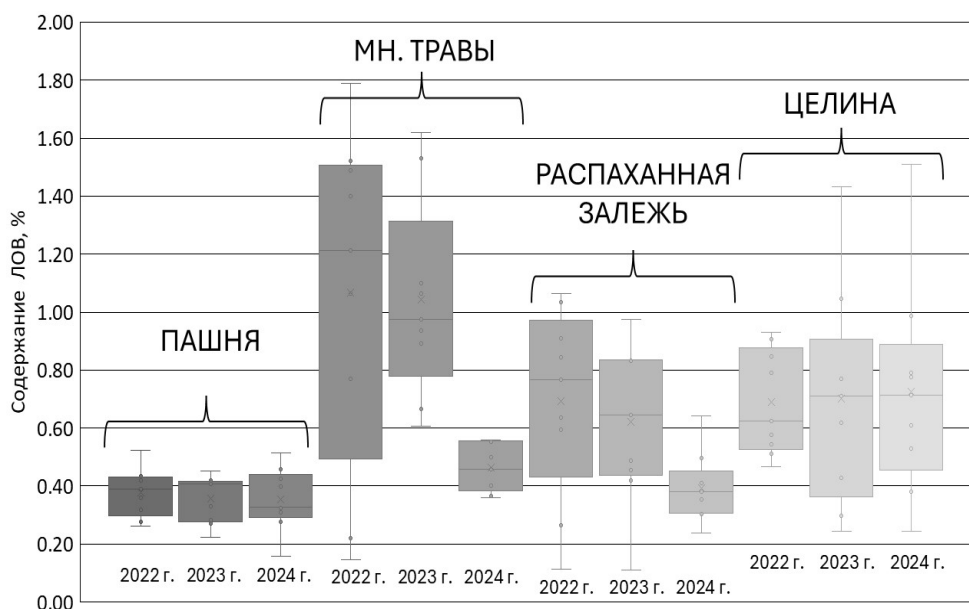


Рис. 3. Диаграмма распределения содержания ЛОВ, %, в пахотном горизонте (Апах 0–20 см, для целины А5–20 см) по вариантам землепользования на исследуемых участках за 2022–2024 гг.

Figure 3. LOM distribution diagram (%) in the soil horizon (A_{arable} 0–20 cm, for virgin land A5–20 cm) by different land use patterns on the studied plots for 2022–2024

В пахотном горизонте участка пашни под яровыми культурами устойчиво наблюдалось низкое содержание ЛОВ в пределах $0,38 \pm 0,09\%$ за три года наблюдения. Такой уровень являлся стабильным, вероятно, для чернозема выщелоченного под пашней, в условиях, сложившихся в данном хозяйстве. Возделывание многолетних трав резко увеличило поступление свежих растительных остатков в почву, и величина содержания ЛОВ поднялась до $1,06 \pm 0,09\%$, что в 2,8 раза выше, чем на пашне с яровыми культурами (достоверные различия при $p = 0,05$). На третий год наблюдений, после распахивания многолетних трав и посева озимой пшеницы, отмечено резкое снижение содержания ЛОВ до уровня, близкого к почве пашни под яровыми зерновыми ($0,46 \pm 0,08\%$). Такое снижение коррелировало со снижением содержания гумуса в этот год. Примерно такая же картина отмечалась для участка с распаханной залежью, однако снижение содержания ЛОВ на третий год после распахивания было менее резким. На целинном участке также наблюдалось стабильно более высокое содержание ЛОВ в течение трех лет $0,71 \pm 0,31\%$, что в 1,9 раза выше, чем на участке пашни с яровыми зерновыми. При этом содержание ЛОВ в почве участка с многолетними травами было заметно выше, чем в целинной почве, что, возможно, обусловлено более высоким качеством травостоя сеяных многолетних трав. Следует отметить, что при увеличении количества органических остатков, а соответственно и содержания ЛОВ, в черноземе выщелоченном отмечалось значительное повышение дисперсии этого показателя.

На рисунке 4 представлены результаты определения ЛОВ в нижней части гумусового горизонта (в подпахотном горизонте 0–20 см) чернозема выщелоченного по всем вариантам за три года наблюдений.

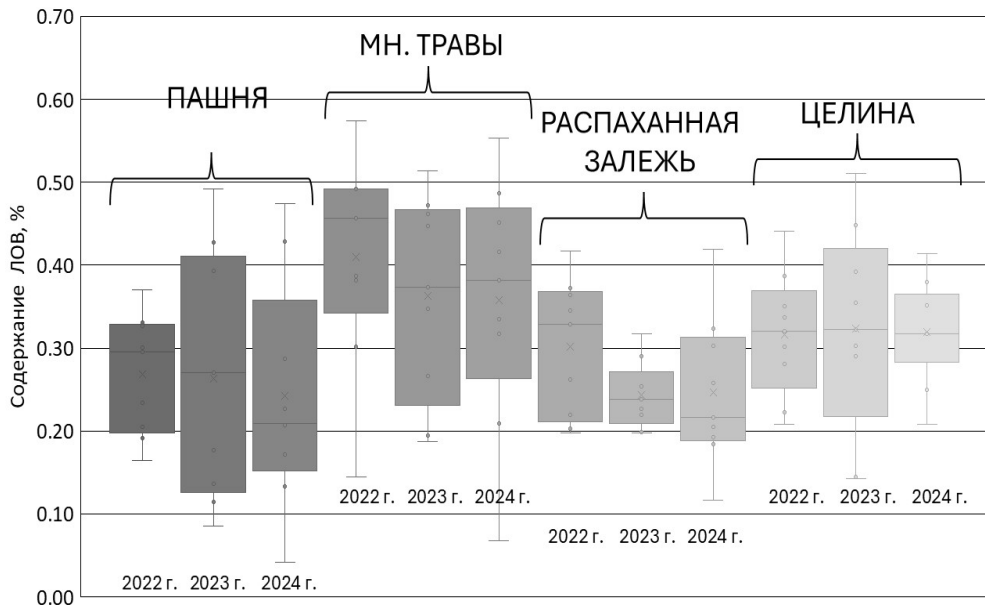


Рис. 4. Диаграмма распределения содержания ЛОВ, %, в подпахотном горизонте (A20–40 см) по вариантам землепользования на исследуемых участках за 2022–2024 гг.

Figure 4. LOM distribution diagram (%) in the subsoil horizon (A20–40 cm) by different land use patterns on the studied plots for 2022–2024

Содержание ЛОВ в нижней части гумусового горизонта оказалось значительно менее чувствительным к изменению характера землепользования, и за период наблюдения по вариантам существенные различия не обнаружены. Среднее содержание на пашне, участке многолетних трав, распаханной залежи и целине составило $0,23 \pm 0,12\%$, $0,33 \pm 0,13\%$, $0,23 \pm 0,13\%$ и $0,27 \pm 0,09\%$ соответственно. По-видимому, близкие уровни накопления легкоразлагаемого органического вещества по исследуемым вариантам землепользования обусловлены как сходным небольшим поступлением корневых остатков на таких глубинах, так и мало различающимися условиями их трансформации.

Выводы

Conclusions

Проведенные исследования динамики содержания гумуса и лабильного органического вещества в черноземе выщелоченном Тульской области при различном характере землепользования показали, что на участке с постоянным использованием под пашню среднее содержание гумуса в пахотном слое было наиболее низким и стабильным в течение трех лет – $6,06\%$. На участке с целиной и на участке после распахивания многолетних трав среднее содержание гумуса в почве было примерно одинаковым и превышало содержание гумуса на постоянной пашне на $0,6\%$. Наиболее высокое содержание гумуса ($7,17\%$) отмечено в почве распаханной залежи. Содержание лабильного органического вещества в пахотном слое почвы под постоянной пашней стабилизировалось на наиболее низком для исследуемых участков уровне – $0,38\%$. Достоверно наиболее высокое содержание ЛОВ отмечено для пахотного горизонта почвы после распахивания многолетних трав, менее выраженное, но также достоверное повышение содержания ЛОВ наблюдалось в пахотном горизонте распаханной залежи. В этих вариантах на третий год после распахивания произошло заметное снижение содержания ЛОВ – по-видимому, вследствие минерализации. Почва под целиной характеризовалась заметно меньшим содержанием ЛОВ, чем почва участка после многолетних трав (в первые два года после распахивания), – по-видимому, в связи с лучшим качеством сеяного травостоя. Различный характер использования чернозема выщелоченного более заметно проявлялся в изменении содержания лабильной части органического вещества, чем в изменении содержания общего гумуса.

Список источников

1. Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации: утв. Постановлением Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731
2. Хитров Н.Б., Апарин Б.Ф., Карманов И.И. и др. Сокращение пахотных угодий и посевных площадей в России, агроэкологическая оценка их состояния, перспективы дальнейшего использования, задачи нормативно-правового и научного обеспечения рационального использования и охраны земель // *Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного использования* / Под ред. акад. А.Л. Иванова. М., 2008. С. 14-29
3. Екимовская О.А., Сизых А.П., Рупосов В.Л. и др. Региональные аспекты возвращения залежных земель в сельскохозяйственный оборот

(Республика Бурятия) // *География и природные ресурсы*. 2023. Т. 44, № 3. С. 117–126. <https://doi.org/10.15372/GIPR20230312>

4. Макаров С.С., Виноградова В.С., Смирнова Ю.В. Оценка эффективности нового органоминерального удобрения при выращивании голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) // *Лесохозяйственная информация*. 2022. № 3. С. 105–111. <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2022.3.09>

5. Макаров С.С., Виноградова В.С., Чудецкий А.И. Эффективность применения различных видов удобрений при выращивании княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) // *Вестник КрасГАУ*. 2024. № 6. С. 45–52. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-6-45-52>

6. Макаров С.С., Чудецкий А.И., Кульчицкий А.Н. и др. Применение комплексных удобрений при адаптации растений голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.), полученных методом микроклонального размножения // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2024. № 5 (109). С. 97–103. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-109-5-97-103>

7. Makarov S.S., Vinogradova V.S., Khanbabaeva O.E. et al. Prospects for Enhanced Growth and Yield of Blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) Using Organomineral Fertilizers for Reclamation of Disturbed Forest Lands in European Part of Russia. *Agronomy*. 2024;14(7):1498. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071498>

8. Нечаева Т.В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // *Почвы и окружающая среда*. 2023. Т. 6, № 2. С. e215. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>

9. Новожилов И.С., Виноградова В.С., Макаров С.С. Биологическая активность почвы при использовании органоминеральных и водорастворимых удобрений в агрофитоценозе озимого тритикале // *АгроЭкоИнфо*. 2023. № 1 (55). EDN: ENRFBP. URL: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/1/st_113.pdf (дата обращения: 24.10.2024)

10. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О. Запасы органического углерода в почвах Российской Федерации: современные оценки в связи с изменением системы землепользования // *Доклады Академии наук*. 2009. Т. 426, № 1. С. 132–134. EDN: KAVSVT

11. Когут Б.М., Семенов В.М., Артемьева З.С., Данченко Н.Н. Дегумусирование и почвенная секвестрация углерода // *Агрохимия*. 2021. № 5. С. 3–13. <https://doi.org/10.31857/S0002188121050070>

12. Еремин Д.И. Залежь как средство восстановления содержания и запасов гумуса старопашотных черноземов лесостепной зоны Зауралья // *Плодородие*. 2014. № 1 (76). С. 24–26. EDN: RUYBYD

13. Голесов П.В., Лисецкий Ф.Н., Малышев А.В. Тренды воспроизводства постагрогенных почв в лесостепной зоне Европейской территории России // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. Т. 20. Вып. 1. 2024. С. 165–180

14. Борисов Б.А., Ефимов О.Е., Елисеева О.В. Органическое вещество и физические свойства постагрогенной эродированной дерново-подзолистой почвы в сравнении с пахотным аналогом // *Почвоведение*. 2022. № 7. С. 909–917. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22070036>

15. Tan Z., Lal R., Owens L., Izaurralde R.C. Distribution of Light and Heavy Fractions of Soil Organic Carbon as Related to Land Use and Tillage Practice. *Soil and Tillage Research*. 2007;92(1-2):53–59. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.01.003>

16. Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ: Важнейший инновационный проект государственного значения: утв. распоряжением Правительства РФ от 29 октября 2022 г. № 3240-р.

17. Королева П.В. *Пространственно-временные связи между землепользованием и почвенным покровом пахотных угодий (на примере Арсеньевского и Плавского районов Тульской области в период с 1969 по 2020 гг.):* Дис. ... канд. с.-х. наук. Москва, 2023. 145 с.

18. *Классификация и диагностика почв СССР* / Сост. В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова и др. Москва: Колос, 1977. 223 с.

19. *Мировая реферативная база почвенных ресурсов. Международная система почвенной классификации для диагностики почв и составления легенд почвенных карт* / Международный союз наук о почве: Пер. с англ. С. Фортовой; Науч. ред. пер. М.И. Герасимовой, П.В. Красильникова. Изд. 4-е. Москва: МАКС Пресс, 2024. 248 с. <https://doi.org/10.29003/m4174.978-5-317-07235-3>

20. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. *Почвоведение. Практикум: Учебное пособие* / Под общ. ред. Н.Ф. Ганжары. Москва: Инфра-М, 2025. 256 с. <https://doi.org/10.12737/992>

References

1. State program of effective involvement of agricultural land into turnover and development of the reclamation complex of the Russian Federation. Approved by the Resolution of the Government of the Russian Federation No. 731 dated May 14, 2021. (In Russ.) URL: <https://base.garant.ru/400773886/>

2. Khitrov N.B., Aparin B.F., Karmanov I.I., Bulgakov D.S. et al. Reduction of arable lands and sown areas in Russia, agro-ecological assessment of their condition, prospects for further use, tasks of normative-legal and scientific support of rational use and protection of lands. *Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya 'Agroekologicheskoe sostoyanie i perspektivy ispolzovaniya zemel Rossii, vybyvshikh iz aktivnogo selskokhozyaystvennogo oborota'*. May 13-14, 2008. Moscow, Russia: V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 2008:14-29. (In Russ.)

3. Ekimovskaya O.A., Sizykh A.P., Ruposov V.L., Shekhovtsov A.I. et al. Regional aspects of returning fallow lands to agricultural turnover (Republic of Buryatia). *Geografiya i Prirodnye resursy*. 2023;44(3):117-126. (In Russ.) <https://doi.org/10.15372/GIPR20230312>

4. Makarov S.S., Vinogradova V.S., Smirnova Yu.V. Evaluation of the Effectiveness of a new Organomineral Fertilizer in the Cultivation of Narrow-Leaved Blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.). *Forestry Information*. 2022;3:105-111. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2022.3.09>

5. Makarov S.S., Vinogradova V.S., Chudetsky A.I. Efficiency of applying different types of fertilizers in Arctic brake (*Rubus arcticus* L.) cultivation. *Bulletin of KSAU*. 2024;6:45-52. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-6-45-52>

6. Makarov S.S., Chudetsky A.I., Kulchitsky A.N., Musina M.K. et al. Application of complex fertilizers in the adaptation of lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) Plants Obtained by Micropropagation. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024;5:97-103. (In Russ.) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-109-5-97-103>

7. Makarov S.S., Vinogradova V.S., Khanbabaeva O.E., Makarova T.A. et al. Prospects for Enhanced Growth and Yield of Blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) Using Organomineral Fertilizers for Reclamation of Disturbed Forest Lands in European Part of Russia. *Agronomy*. 2024;14(7):1498. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071498>

8. Nechaeva T.V. Abandoned lands in Russia: distribution, agroecological status and perspective use (a review). *The Journal of Soils and Environment*. 2023;6(2):1-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
9. Novozhilov I.S., Vinogradova V.S., Makarov S.S. Biological activity of the soil when using organomineral and water-soluble fertilizers in the agrophytocenosis of winter triticale. *AgroEcoInfo*. 2023;1:17. (In Russ.) URL: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/1/st_113.pdf (accessed: October 24, 2024)
10. Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O. The stock of organic carbon in soils of the Russian Federation: updated estimation in connection with land use changes. *Doklady Akademii nauk*. 2009;426(1):132-134. (In Russ.)
11. Kogut B.M., Semenov V.M., Artemyeva Z.S., Danchenko N.N. Humus depletion and soil carbon sequestration. *Agrohimia*. 2021;5:3-13. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0002188121050070>
12. Eremin D.I. Fallowing as a means of restoring the content and reserves of humus in old arable chernozems of the Transural forest-steppe zone. *Plodorodie*. 2014;1(76):24-26. (In Russ.)
13. Goleusov P.V., Liseckii F.N., Malyshev A.V. Trends in the reproduction of postagrogenic soils in the forest-steppe zone of the European territory of Russia. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*. 2024;20(1):165-180. (In Russ.)
14. Borisov B.A., Efimov O.E., Eliseeva O.V. Organic matter and physical properties of postagrogenic eroded soddy-podzolic soil and arable soddy-podzolic soil. *Pochvovedenie*. 2022;7:909-917. (In Russ.)
15. Tan Z., Lal R., Owens L., Izaurralde R.C. Distribution of light and heavy fractions of soil organic carbon as related to land use and tillage practice. *Soil and Tillage Research*. 2007;92(1-2):53-59. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.01.003>
16. Most important innovative project of state importance "Unified National System for Monitoring of Climate Active Substances". Approved by the Order of the Government of the Russian Federation dated October 29, 2022 No. 3240-r. (In Russ.) URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405491263/>
17. Koroleva P.V. *Spatial and temporal relationships between land use and soil cover of arable lands (on the example of Arsenyevsky and Plavsky districts of Tula Region in the period from 1969 to 2020)*: CSc (Ag) thesis: 1.5.19. Moscow, 2023:145. (In Russ.)
18. Vakhtanov V.V., Egorov V.V., Friedland V.V., Ivanova E.N. et al. *Classification and diagnostics of soils of the USSR*. Moscow, USSR: Kolos, 1977;223. (In Russ.)
19. *World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. 4th ed. International Union of Soil Sciences. Translated into Russian by S. Fortova; M.I. Gerasimova, P.V. Krasilnikov (Eds). Moscow, Russia: MAKS Press, 2024:248. (In Russ.) <https://doi.org/10.29003/m4174.978-5-317-07235-3>
20. Ganzhara N.F., Borisov B.A., Baybekov R.F. *Soil science. Practicum: a textbook*. Moscow, Russia: Infra-M, 2025:256. (In Russ.) <https://doi.org/10.12737/992>

Сведения об авторах

Кира Сергеевна Бородина, ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская

Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: k.bor@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0002-3045-8138>

Николай Викторович Минаев, канд. биол. наук, доцент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: nminaev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0718-3383>

Борис Анорьевич Борисов, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: borisov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5396-1695>

Information about the authors

Kira S. Borodina, Assistant at the Department of Soil Science, Geology and Landscape Studies, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: k.bor@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0002-3045-8138>

Nikolay V. Minaev, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Soil Science, Geology and Landscape Studies, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: nminaev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0718-3383>

Boris A. Borisov, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: borisov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5396-1695>