

DOI

УДК 631.417.1

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В СТРУКТУРНЫХ ОТДЕЛЬНОСТЯХ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАУРАЛЬЯ

Е. А. Дёмин, Д. Д. Након, Н. А. Волкова

Реферат. Запасы углерода, сосредоточенные в почве, определяют ее плодородие и буферность. Структурные агрегаты формируются благодаря органическому веществу, которое служит связующим материалом при формировании и стабилизации структурных отдельных почв. Интенсивное использование почвы при возделывании сельскохозяйственных культур оказывает значительное влияние на ее биологическую активность. Это приводит к существенным изменениям естественного процесса эволюции почв и ее деградации. Цель исследования – установить влияние минеральных удобрений на содержание и запасы органического углерода в различных структурных отдельностях чернозема выщелоченного в условиях лесостепной зоны Зауралья. Длительное использование почвы под пашню без внесения минеральных удобрений ухудшает структуру почвы $K_{стр}=1,6$ ед. Удобрения, внесенные в расчете на получение 3,0 и 4,0 т/га зерна способствуют улучшению структуры почвы ($K_{стр}=2,0...2,1$ ед.). Максимальное количество органического углерода ($C_{орг}$) в контрольном варианте отмечено в агрегатах размером >10 и $<0,25$ мм – 4,77 и 4,61%. Систематическое применение удобрений в расчете на формирование 3,0 и 4,0 т/га зерна обеспечивает увеличение содержания $C_{орг}$ в почвенных агрегатах размером от 1,0 до 0,25 мм на 0,70...0,72%. При внесении удобрений под плановую урожайность 5,0 т/га наблюдается потеря углерода из агрегатов размером 10...3 мм на 0,45%. На максимальном агрофоне содержание Сорг в агрегатах >10 и $<0,25$ мм снижается до 3,70 и 4,11%. В контроле запасы Сорг в агрономически ценных агрегатах достигают 59,3% от общих запасов. Систематическое внесение удобрений в расчете на урожай 3,0...4,0 т/га зерна повышает запасы углерода в ценных почвенных агрегатах до 66,2...68,0% от общих запасов. Планирование более высоких урожаев приводит к снижению запасов углерода в агрономически ценных агрегатах.

Ключевые слова: органический углерод, структурные отдельности, коэффициент структурности, агрономически ценные агрегаты, содержание углерода, запасы органического углерода.

Введение. Органическое вещество выступает неотъемлемой частью почвы, которая определяет основные показатели потенциального плодородия пахотных земель. Его высокое содержание увеличивает способность почвы противостоять неблагоприятным климатическим условиям, увеличивает эрозионную стойкость и др. [1].

Почвенные структурные отдельности накапливают в своем составе углерод в органической форме, который обеспечивает их стойкость и размер фракции [2].

Ученые неоднократно отмечали высокую зависимость структуры почвы, количества агрономически ценных агрегатов от содержания в них органического углерода [3, 4, 5]. В зависимости от размера почвенных фракций в них с разной интенсивностью протекают биохимические процессы, в частности минерализация и гумификация органического вещества [2, 5, 6]. В результате глобального круговорота углерода его содержание в почве может существенно изменяться из-за деградации структуры гумусовых горизонтов и разрушения макроагрегатов. Снижение запасов органического углерода в почве приводит к ухудшению структуры почвы. Увеличивается доля глыбистой фракции и снижается количество агрономически ценных агрегатов, уменьшается их водопрочность и пористость [7].

В последние годы для повышения продуктивности пашни товаропроизводители увеличивают объемы применения минеральных удобрений, которые не всегда научно обоснованы, и отказываются от использования

органических [8, 9]. Это приводит к усилению биологической активности почвенной микрофлоры, активизации процесса минерализации и снижению содержания органического вещества в пахотных почвах региона [10, 11].

Цель исследования – установить влияние использования минеральных удобрений на содержание и запасы органического углерода в различных структурных отдельностях чернозема выщелоченного.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли на опытном поле ГАУ Северного Зауралья, расположенном в условиях лесостепной зоны Зауралья, в севообороте со следующим чередованием культур однолетние травы – яровая пшеница – овес. Схема стационарного полевого опыта, продолжающегося с 1995 г., предусматривала изучение следующих вариантов: без удобрений (контроль); систематическое применение NPK в расчете на получение урожая зерна пшеницы и овса 3,0, 4,0, 5,0 и 6,0 т/га. Агротехнические мероприятия использовали рекомендованные для лесостепной почвенно-климатической зоны и проводили в установленные нормами сроки. Осенью после уборки предшественника проводили основную отвальную обработку почвы на глубину 20...22 см, весной – боронование в два следа БЗСС-1,0. Перед посевом врезали расчетные дозы удобрений сеялкой СЗ-3,6 и культивировали КПС-4 на глубину 6...8 см, затем высевали сеялкой СЗМ-5,4 и прикатывали кольчато-шпоровыми катками. Уборку проводили комбайном Tertion. Более подробно агротехнические мероприятия описаны в

ранее опубликованной работе [12].

Опыт заложен в четырехкратной повторности. Летом (первая декада августа) 2022 года проводили отбор проб почвы (по 3 кг) из пахотного слоя (0...30 см) в трехкратной повторности. В дальнейшем образцы подвергали сухому просеиванию для определения структурно-агрегатного состава и из каждого образца отдельно отбирали для анализа агрегаты размером > 10; 10...3; 3...1; 1...0,25; < 0,25 мм. Сформированные образцы размерных фракции подвергали пробоподготовке и определяли содержание общего углерода на приборе VarioMacro CN в Центре коллективного пользования «Рациональное природопользование и физико-химические исследования» и Лаборатории экологических исследований ТюмГУ. В связи с тем, что реакция на вскипание карбонатов от применения HCl была отрицательной, весь находимый в образцах углерод относили к органическому.

Результаты и обсуждения. Количество фракции размером > 10 мм, не представляющей агрономической ценности, в варианте без

применения минеральных удобрений достигало 21,0% (табл.1). Систематическое использование удобрений в дозах, рассчитанных на получения 3,0 и 4,0 т/га зерна, благоприятно сказывалось на структуре почвы – количество глыбистой фракции уменьшалось на 3,6...3,8%, относительно контроля, что выше диапазона неопределенности (НСР₀₅=1,2%). Более высокий уровень питания (NPK в расчете на урожайность 5,0 и 6,0 т/га) не сказывался на количестве структурных отдельностей размером более 10мм – их содержание было на уровне контрольного варианта.

Содержание агрегатов размером 10...3 мм в контроле составляло 30,1%, а в вариантах со средним уровнем питания (NPK на 3,0 и 4,0 т/га) повышалось на 2,3 и 3,8% , относительно контроля. Достоверных различий в количестве почвенных агрегатов этого размера при использовании повышенных доз минеральных удобрений (NPK на 5,0 и 6,0 т/га), в сравнении с контролем, не отмечено (НСР₀₅=1,7%).

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений на распределение почвенных агрегатов в пахотном слое (0...30 см), %

Вариант	Агрегаты, мм				
	> 10	10...3	3...1	1...0,25	< 0,25
Контроль	21,0	30,1	20,5	10,5	17,9
NPK на 3,0 т/га	17,4	32,4	25,2	10,4	14,5
NPK на 4,0 т/га	17,2	33,9	22,5	10,8	15,7
NPK на 5,0 т/га	21,6	30,9	21,2	10,1	16,1
NPK на 6,0 т/га	20,7	28,5	20,0	11,5	19,2
НСР ₀₅	1,2	1,7	2,1	1,6	1,7

Количество агрегатов размером 3...1 мм в варианте с естественным плодородием почвы составляло 20,5%. Систематическое применение удобрений в расчете на получение урожая 3,0 т/га способствовало повышению доли агрегатов этой размерности на 4,7% относительно контроля. На повышенном минеральном фоне изменений в содержании этой фракции в почве в сравнении с вариантом без применения удобрений не выявлено (НСР₀₅=2,1 %). Не отмечено существенного влияния длительного использования минеральных удобрений и на содержание в пахотном слое почвы фракции 1...0,25 мм, которое варьировало по вариантам от 10,4 до 11,5% при НСР₀₅=1,6%.

Доля пылеватой фракции (< 0,25 мм) в варианте без применения удобрений составляла 17,9%, при среднем уровне питания (NPK на 3,0 и 4,0 т/га) содержание этой фракции было на 3,4 и 2,2 % ниже, а в вариантах с NPK на 5,0 и 6,0 т/га – на уровне контроля (НСР₀₅=1,7%).

Коэффициент структурности при возделывании зерновых культур в варианте без использования минеральных удобрений

составлял 1,6 ед., при этом отмечена высокая доля глыбистой и пылеватой фракций по отношению к вариантам с использованием минеральных удобрений, что связано с явной нехваткой поступающих растительных остатков [13].

На фоне удобрений коэффициент структурности почвы варьировал в широком диапазоне. При средних уровнях доз минерального питания (NPK на 3,0 и 4,0 т/га зерна) отмечен рост величины этого показателя до 2,0...2,1 ед. Доля глыбистой фракции и пыли при этом пропорционально уменьшалась. Вследствие того, что в этих вариантах в почву поступает намного больше, чем в контроле, растительных остатков с соломой и корнями, это обеспечивает равновесный баланс поступления растительных остатков и их минерализации [14].

Внесение повышенных доз удобрений (NPK на 5,0 и 6,0 т/га зерна) не повлияло на структуру почвы в отличие от средних доз. Происходит это из-за того, что получение высокой урожайности в северной лесостепи определяется множеством факторов и

планируемую урожайность выше 4,0 т/га не всегда удается получить. В результате этого количество растительных остатков, поступивших в почву, не может стабилизировать процесс минерализации из-за того, что неизрасходованный азот удобрений усиливает активность микрофлоры почвы [14].

Содержание органического углерода в различных структурных отдельностях, по мнению многих авторов, зависит от типа

используемых угодий, агротехнической нагрузки и возделываемых видов сельскохозяйственных культур [15, 16].

В контроле содержание органического углерода ($C_{орг}$) в глыбистой фракции составляло 4,77%, в пылеватой – 4,61%. В агрономически ценных агрегатах на естественном питательном фоне концентрация углерода изменялась от 4,06 (фракция 1...0,25 мм) до 4,46% (фракция 10...3 мм) (табл.2).

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений на содержание органического углерода в различных фракция почвенных агрегатов, %

Вариант	Агрегаты, мм				
	>10	10...3	3...1	1...0,25	<0,25
Контроль	4,77	4,46	4,35	4,06	4,61
NPK на 3,0 т/га	4,44	4,48	4,59	4,76	4,70
NPK на 4,0 т/га	4,21	4,33	4,10	4,78	4,80
NPK на 5,0 т/га	4,62	4,01	4,59	4,25	4,57
NPK на 6,0 т/га	3,70	4,79	4,25	4,44	4,11
HCP ₀₅	0,44	0,35	0,42	0,37	0,40

В варианте NPK на 3,0 т/га зерна в глыбистой и пылеватой фракциях количество углерода в органической форме существенно не отличалось от неудобренного варианта. Достоверных различий в содержании углерода относительно контроля также не выявлено в частицах размером 10...3 и 3...1 мм. Значительное увеличение содержания углерода отмечено в частицах размером 1...0,25 мм, в которых оно возросло на 0,70% относительно неудобренного фона. Увеличение концентрации углерода в этой фракции связано с тем, что процессы разложения растительных остатков и накопление углерода происходят преимущественно в маленьких по размеру структурных отдельностях. В контроле без минеральных удобрений уменьшается поступление растительных остатков, в результате чего потери углерода вследствие минерализации органического вещества происходят преимущественно в малых размерных фракциях [17, 18, 19].

В варианте с внесением NPK на 4,0 т/га зерна отмечено снижение содержание $C_{орг}$ во фракции размером >10 мм на 0,56%, при HCP₀₅=0,44%. Во фракции 1...0,25 мм количество углерода составляло 4,78%, что выше контроля на 0,72%, тогда как в других размерных фракциях почвы отличия от контроля не выявлены. Значительное поступление растительных остатков в варианте внесении NPK на 4,0 т/га зерна способствовало улучшению структуры почвы и разрушению глыбистой фракции, а также увеличению количества агрономически ценных агрегатов. Преимущественно накопление углерода в этом варианте происходит в малоразмерной фракции 1...0,25 мм.

В варианте с NPK на 5,0 т/га зерна

внесение удобрений, приводило к снижению содержания $C_{орг}$ во фракции 10...3 мм до 4,01%, что происходит из-за нестабильного получения планируемой урожайности, это приводит к увеличению содержания азота, усилению микробиологической активности почвы и активизации процесса минерализации преимущественно во фракции от 10 до 3 мм.

Высокий уровень питания (NPK на 6,0 т/га) приводил к уменьшению доли углерода в глыбистой фракции почвы до 3,70% и в пылевидной фракции (менее 0,25 мм) до 4,11%, тогда как во фракции 1...0,25 мм содержание углерода повышалось на 0,38% относительно контроля. Это связано с тем, что вероятность получения планируемой урожайности в этом варианте низкая и содержание неиспользуемого растениями азота выше, чем в других вариантах. Однако, одновременно с этим увеличивается и поступление растительных остатков. В совокупности эти два фактора оказывают влияние на усиление процесса минерализации органического вещества в глыбистой и пылеватой фракциях и накопление углерода в агрегатах размером 1...0,25 мм.

Исходя из массы фракций с единицы площади и содержания в них органического углерода, были рассчитаны общие запасы $C_{орг}$ в различных структурных отдельностях почвы. Так, в варианте без удобрений в глыбистой фракции (> 10 мм) запасы $C_{орг}$ в пахотном слое почвы составляли 3000 кг/га (табл. 2). Наибольшие его запасы отмечены во фракции 10...3 мм (4022 кг/га), а наименьшие – во фракции 1...0,25 мм (1277 кг/га). Запасы углерода, сосредоточенные в агрегатах размером 3...1 и < 0,25 мм, составляли 2677 и 2479 кг/га соответственно (табл. 3). При внесении средней дозы удобрений (NPK на 3,0 т/га зерна)

запасы углерода в глыбистой и пылевой фракции были ниже, чем на неудобренном фоне на 22,6 и 17,3% соответственно. В агрегатах размером от 10 до 3 мм концентрация

углерода превышала контроль на 8,3%. На 29,5% больше органического углерода было сосредоточено в агрегатах размером от 3 до 1 мм и на 16,5% – во фракции от 1,0 до 0,25 мм.

Таблица 3 – Распределение запасов органического углерода в различных структурах почвенных агрегатов, кг/га

Вариант	Агрегаты, мм				
	> 10	10...3	3...1	1...0,25	< 0,25
Контроль	3000	4022	2677	1277	2479
NPK на 3,0 т/га	2322	4354	3468	1488	2050
NPK на 4,0 т/га	2173	4397	2764	1543	2263
NPK на 5,0 т/га	2996	3723	2913	1293	2215
NPK на 6,0 т/га	2303	4097	2549	1528	2370
HCP ₀₅	129	211	148	91	119

В варианте NPK на 4,0 т/га в глыбистой фракции запасы углерода были на 827 кг/га ниже контроля. Во фракции размером 10...3 мм они составляли 4397 кг/га. Запасы C_{орг} в агрегатах размером 3...1 мм были на уровне контроля, во фракции почвы размером 1...0,25 мм запасы C_{орг} превышали контроль на 20,8% и достигали 1543 кг/га, тогда как в пылевидной фракции размером <0,25 мм запасы были ниже на 8,7%.

В варианте с внесением удобрений в расчете на получение 5,0 т/га зерна существенных различий в запасах C_{орг} во фракции > 10 мм относительно контроля не отмечено. Во фракции 10...3 мм сосредоточено на 7,4% меньше

углерода, чем в контроле. Во фракции 3...1 мм запасы C_{орг} были выше контроля на 236 кг/га, а в агрегатах < 0,25 мм – ниже на 264 кг/га. На максимальном агрофоне запасы C_{орг} во фракции >10 мм были ниже контроля на 23,2% и составляли 2303 кг/га. Во фракции размером 1...0,25 мм запасы C_{орг} были выше естественного агрофона на 19,7%. В остальных структурных отдельностях существенных отличий в запасах углерода по отношению к контролю не выявлено.

Исходя из расчетов на естественном агрофоне в глыбистой фракции (> 10 мм) сосредоточено до 22,3% общих запасов органического углерода (рис. 1).

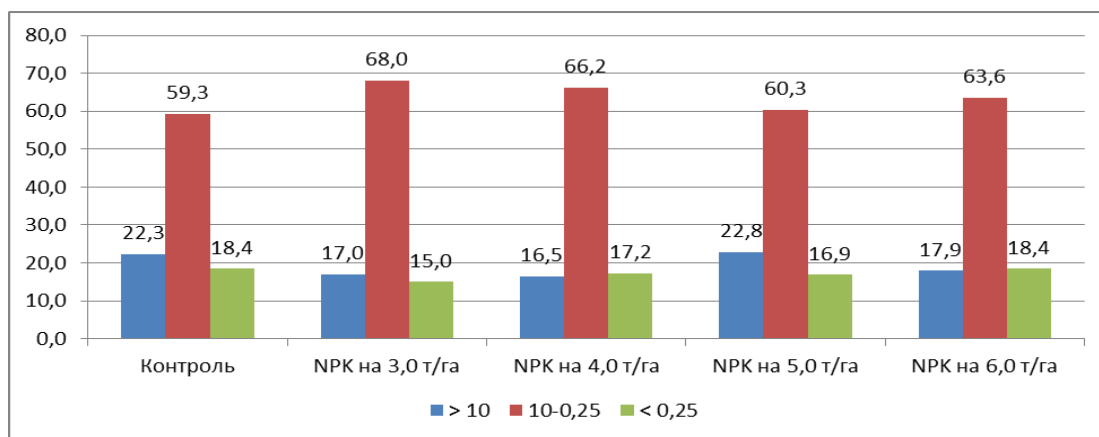


Рисунок 1 – Влияние минеральных удобрений на долю запасов органического углерода в структурных отдельностях почвы, %

В пылевой фракции сосредоточено углерода около 18,4% от общего количества. При внесении минеральных удобрений в дозах на получение 3,0 и 4,0 т/га зерна запасы C_{орг} в глыбистой и пылевой фракциях снижались до 16,5...17,0 и 15,0...17,2%, соответственно, а в агрегатах размером от 10 до 0,25 мм – возрастали до 66,2...68,0%. Внесение повышенных доз удобрений (NPK на 5,0 и 6,0 т/га зерна) снижает долю углерода, сосредоточенного в агрономически ценных агрегатах до 60,3 и 63,6% соответственно.

Выводы. Длительное сельскохозяйственное использование чернозема выщелоченного без использования минеральных удобрений приводит к ухудшению структуры почвы (K_{стр}=1,6 ед.). При средних уровнях минерального питания (NPK на 3,0 и 4,0 т/га зерна) отмечен рост величины этого показателя до 2,0...2,1 ед.

Максимальное в опыте содержание органического углерода в контроле без удобрений отмечено во фракциях размером > 10 и < 0,25 мм – соответственно 4,77 и

4,61%. Наименьшее количество $C_{орг}$ выявлено в агрегатах размером 1...0,25 мм – 4,06%. При внесении NPK на 3,0 и 4,0 т/га содержание $C_{орг}$ в агрономически ценной размерной фракции 1...0,25 мм увеличивается до 4,76...4,78%, что на 0,70...0,72% выше контроля. Внесение удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га приводит к потере углерода из агрегатов размером 10...3 мм, где его снижение относительно контроля составляет 0,45%. На максимальном питательном фоне из-за нестабильного урожая и высоких доз азотных удобрений содержание $C_{орг}$

в агрегатах >10 и <0,25 мм уменьшается соответственно до 3,70 и 4,11%.

Запасы $C_{орг}$ в контроле в агрономически ценных структурных отдельностях составляют 59,3% от его общего содержания, при этом наибольшее количество углерода сосредоточено в агрегатах 10...3 мм – 4022 кг/га. В глыбистой фракции сосредоточено до 3000 кг/га $C_{орг}$, в пылевой – 2479 кг/га. Средние дозы удобрений способствует увеличению запасов углерода в агрономически ценных агрегатах до 66,2...68,0%.

Литература

1. Содержание органического углерода и азота в размерных фракциях агрегатов типичных черноземов / В. А. Холодов, Н. В. Ярославцева, М. А. Яшин и др. // Почвоведение. 2021. № 3. С. 320–326. doi: 10.31857/S0032180X21030072.
2. Распределение трансформированного органического вещества в структурных отдельностях дерново-подзолистой супесчаной почвы / Б. М. Когут, М. А. Яшин, В. М. Семенов и др. // Почвоведение. 2016. № 1. С. 52. doi: 10.7868/S0032180X1601007X.
3. Шенин Е. В., Милановский Е. Ю. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение. 2003. № 1. С. 53–61.
4. Холодов В. А. Способность почвенных частиц самопроизвольно образовывать макроагрегаты после цикла увлажнения и высушивания // Почвоведение. 2013. № 6. С. 698. doi: 10.7868/S0032180X13040072.
5. Милановский Е. Ю. Гумусовые вещества почв как природные гидрофобно-гидрофильные соединения; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Факультет почвоведения, Российский фонд фундаментальных исследований. М.: Издательство ГЕОС, 2009. 185 с.
6. Минерализация органического вещества в разных по размеру агрегатных фракциях почвы / В. М. Семенов, Л. А. Иванникова, Н. А. Семенова и др. // Почвоведение. 2010. № 2. С. 157–165.
7. Bailey V. L., Pries C. H., Lajtha K. What do we know about soil carbon destabilization? // Environmental Research Letters. 2019. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab2c11> (дата обращения 01.08.2024). doi: 10.1088/1748-9326/ab2c11.
8. Ахтямова А. А. Изменение химического состава запаханной соломы под действием агрохимикатов // Вестник Курганской ГСХА. 2017. № 4 (24). С. 17–20.
9. Еремин Д. И., Ахтямова А. А. Минерализация гумуса в пахотном черноземе при использовании минеральных удобрений // Земледелие. 2018. № 7. С. 16–18. doi: 10.24411/0044-3913-2018-10704.
10. Котченко С. Г., Абрамов, Н. В. Мониторинг состояния плодородия почв Тюменской области // Мир Инноваций. 2015. № 1-4. С. 100–106.
11. Маслов М. Н., Поздняков Л. А. Влияние внесения пожнивных остатков и минерального азотного удобрения на продуцирование закиси азота агродерново-подзолистой почвой // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2022. № 1. С. 52–58.
12. Угмин, Е. А., Миллер С. С., Ахтямова А. А. Влияние минеральных удобрений и температуры почвы на эмиссию углекислого газа в посевах яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Зауралья // Земледелие. 2024. № 1. С. 17–22. doi: 10.24412/0044-3913-2024-1-17-22.
13. Анисимов Ю. Б., Агеев А. А. Оценка плодородия чернозема выщелоченного на фоне прямого посева зерновых культур в Южном Зауралье // Вестник КрасГАУ. 2021. № 10 (175). С. 68–73. doi: 10.36718/1819-4036-2021-10-68-73.
14. Рзаева В. В., Еремин Д. И. Изменение агрофизических свойств чернозема выщелоченного при длительном использовании различных систем основной обработки и минеральных удобрений в Северном Зауралье // Вестник КрасГАУ. 2010. № 6 (45). С. 36–42.
15. Содержание органического углерода структурных отдельностей дерново-подзолистой почвы при различных системах земледелия / Т. Н. Авдеева, М. А. Яшин, Б. М. Когут и др. // Плодородие. 2014. № 2(77). С. 32–36.
16. Дубовик Е. В., Дубовик Д. В. Взаимосвязь содержания углерода органических соединений и структурного состояния чернозема типичного // Почвоведение. 2019. № 2. С. 171–183. doi: 10.1134/S0032180X19020047.
17. Demin E. A., Eremina D. V. Balance model of humus state of arable chernozems of the Western Siberia // IOP Conference Series. 2022. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/949/1/012084> (дата обращения 01.08.2024). doi: 10.1088/1755-1315/949/1/012084.
18. Eremin D. I., Demin E. A. The nature of organic carbon and total nitrogen distribution in the fractions of leached chernozem aggregates and gray soil in Western Siberia // IOP Conference Series. 2022. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1043/1/012016> (дата обращения 01.08.2024). doi: 10.1088/1755-1315/1043/1/012016.
19. Еремин Д. И., Демин Е. А. Влияние длительного сельскохозяйственного использования на запасы органического углерода в черноземе выщелоченном // Земледелие. 2023. № 4. С. 35–39. doi: 10.24412/0044-3913-2023-4-35-39.

Сведения об авторах:

Демин Евгений Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Агробиотехнологического центра, e-mail: gambitn2013@yandex.ru
 Волкова Наталья Алексеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общей химии им. И. Д. Комиссарова, e-mail: volkovana@gausz.ru
 Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия
 Накв Даниил Дмитриевич – ведущий инженер Лаборатории экологических исследований, e-mail: d.d.nakov@utmn.ru
 Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

ORGANIC CARBON CONTENT IN STRUCTURAL UNITS OF LEACHED CHERNOZEM WITH INCREASING DOSES OF MINERAL FERTILIZERS IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE URALS

E. A. Demin, D. D. Nakov, N. A. Volkova

Abstract. Carbon reserves concentrated in the soil determine its fertility and buffering capacity. Structural aggregates are formed due to organic matter, which serves as a binding material in the formation and stabilization of soil structural units. Intensive use of soil during cultivation of agricultural crops has a significant impact on its biological activity. This leads to significant changes in the natural process of soil evolution and its degradation. The objective of the study was to determine the effect of mineral fertilizers on the content and reserves of organic carbon in various structural units of leached chernozem in the forest-steppe zone of the Urals. Long-term use of soil for arable land without the application of mineral fertilizers worsens the soil structure $K_{str}=1.6$ units. Fertilizers applied in the calculation of obtaining 3.0 and 4.0 t/ha of grain contribute to the improvement of the soil structure ($K_{str}=2.0 \dots 2.1$ units). The maximum amount of organic carbon (Corg) in the control variant was noted in aggregates > 10 and < 0.25 mm in size - 4.77 and 4.61%. Systematic application of fertilizers in the calculation of the formation of 3.0 and 4.0 t/ha of grain provides an increase in Corg content in soil aggregates from 1.0 to 0.25 mm in size by 0.70 ... 0.72%. When applying fertilizers for the planned yield of 5.0 t/ha, a loss of carbon from aggregates of 10 ... 3 mm in size is observed by 0.45%. At the maximum agricultural background, Corg content in aggregates > 10 and < 0.25 mm decreases to 3.70 and 4.11%. In the control Corg reserves in agronomically valuable aggregates reach 59.3% of the total reserves. Systematic application of fertilizers based on a yield of 3.0 ... 4.0 t/ha of grain increases the carbon reserves in valuable soil aggregates to 66.2 ... 68.0% of the total reserves. Planning higher yields leads to a decrease in carbon reserves in agronomically valuable aggregates.

Key words: organic carbon, structural units, structural coefficient, agronomically valuable aggregates, carbon content, organic carbon reserves.

References

1. Kholodov VA, Yaroslavtseva NV, Yashin MA. [Content of organic carbon and nitrogen in size fractions of aggregates of typical chernozems]. *Pochvovedenie*. 2021; 3. 320-326 p. doi: 10.31857/S0032180X21030072.
2. Kogut BM, Yashin MA, Semenov VM. [Distribution of transformed organic matter in structural units of sod-podzolic sandy loam soil]. *Pochvovedenie*. 2016; 1. 52 p. doi: 10.7868/S0032180X1601007X.
3. Shein EV, Milanovskiy EYu. [The role and significance of organic matter in the formation and stability of soil aggregates]. *Pochvovedenie*. 2003; 1. 53-61 p.
4. Kholodov VA. [The ability of soil particles to spontaneously form macroaggregates after a cycle of moistening and drying]. *Pochvovedenie*. 2013; 6. 698 p. doi: 10.7868/S0032180X13040072.
5. Milanovskiy EYu. Gumusovye veshchestva pochv kak prirodnye gidrofobno-gidrofilnye soedineniya. Moskovskiy gosudarstvennyy universitet im.M.V.Lomonosova, Fakultet pochvovedeniya, Rossiiskiy fond fundamentalnykh issledovaniy. [Humic substances of soils as natural hydrophobic-hydrophilic compounds. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Soil Science, Russian Foundation for Basic Research]. Moscow: Izdatelstvo GEOS. 2009; 185 p.
6. Semenov VM, Ivannikova LA, Semenova NA. [Mineralization of organic matter in different-sized aggregate fractions of soil]. *Pochvovedenie*. 2010; 2. 157-165 p.
7. Bailey VL, Pries CH, Lajtha K. What do we know about soil carbon destabilization? [Internet]. *Environmental Research Letters*. 2019; [cited 2024, August 01]. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab2c11>. doi: 10.1088/1748-9326/ab2c11.
8. Akhtyamova AA. [Changes in the chemical composition of plowed straw under the influence of agrochemicals]. *Vestnik Kurganskoi GSKhA*. 2017; 4 (24). 17-20 p.
9. Eremin DI, Akhtyamova AA. [Humus mineralization in arable chernozem using mineral fertilizers]. *Zemledelie*. 2018; 7. 16-18 p. doi: 10.24411/0044-3913-2018-10704.
10. Kotchenko SG, Abramov NV. [Monitoring the state of soil fertility in Tyumen region]. *Mir Innovatsiy*. 2015; 1-4. 100-106 p.
11. Maslov MN, Pozdnyakov LA. [Effect of application of crop residues and mineral nitrogen fertilizer on nitrous oxide production by agrosod-podzolic soil]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17:Pochvovedenie*. 2022; 1.52-58 p.
12. Demin EA, Miller SS, Akhtyamova AA. [Effect of mineral fertilizers and soil temperature on carbon dioxide emission in spring wheat crops in the forest-steppe zone of the Urals]. *Zemledelie*. 2024; 1. 17-22 p. doi: 10.24412/0044-3913-2024-1-17-22.
13. Anisimov YuB, Ageev AA. [Assessment of the fertility of leached chernozem against the background of direct sowing of grain crops in the Southern Urals]. *Vestnik KrasGAU*. 2021; 10 (175). 68-73 p. doi: 10.36718/1819-4036-2021-10-68-73.
14. Rzaeva VV, Eremin DI. [Changes in the agrophysical properties of leached chernozem with long-term use of various primary cultivation systems and mineral fertilizers in the Northern Urals]. *Vestnik KrasGAU*. 2010; 6 (45). 36-42 p.
15. Avdeeva TN, Yashin MA, Kogut BM. [The organic carbon content of structural units of sod-podzolic soil under different farming systems]. *Plodorodie*. 2014; 2 (77). 32-36 p.
16. Dubovik EV, Dubovik DV. [Relationship between the carbon content of organic compounds and the structural state of typical chernozem]. *Pochvovedenie*. 2019; 2. 171-183 p. doi: 10.1134/S0032180X19020047.
17. Demin EA, Eremina DV. Balance model of humus state of arable chernozems of the Western Siberia. [Internet]. *IOP Conference Series*. 2022; [cited 2024, August 01]. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/949/1/012084>. doi: 10.1088/1755-1315/949/1/012084.
18. Eremin DI, Demin EA. The nature of organic carbon and total nitrogen distribution in the fractions of leached chernozem aggregates and gray soil in Western Siberia. [Internet]. *IOP Conference Series*. 2022; [cited 2024, August 01]. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1043/1/012016>. doi: 10.1088/1755-1315/1043/1/012016.
19. Eremin DI, Demin EA. [The influence of long-term agricultural use on organic carbon reserves in leached chernozem]. *Zemledelie*. 2023; 4. 35-39 p. doi: 10.24412/0044-3913-2023-4-35-39.

Authors:

Demin Evgeniy Aleksandrovich – Ph.D. in Agricultural Sciences, senior researcher at Agrobiotechnological Center, e-mail: gambitn2013@yandex.ru
 Volkova Natalya Alekseevna – Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor of General Chemistry Department named after I.D. Komissarov, e-mail: volkovana@gausz.ru
 Northern Trans-Urals State Agrarian University, Tyumen, Russia
 Nakov Daniil Dmitrievich – leading engineer at the Laboratory of Environmental Research, e-mail: d.d.nakov@utmn.ru
 Tyumen State University, Tyumen, Russia.