

УДК 631.4

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И АЗОТА В РАЗМЕРНЫХ ФРАКЦИЯХ АГРЕГАТОВ ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ

© 2021 г. В. А. Холодов^а, *, Н. В. Ярославцева^а, М. А. Яшин^а, Ю. Р. Фарходов^а, Б. С. Ильин^б, В. И. Лазарев^б^аПочвенный институт им. В.В. Докучаева, Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017 Россия^бКурский федеральный научный центр, п. Черемушки, 10, Курский район, Курская область, 305526 Россия

*e-mail: vkholod@mail.ru

Поступила в редакцию 15.05.2020 г.

После доработки 02.06.2020 г.

Принята к публикации 26.06.2020 г.

Оценены особенности содержания и накопления органического углерода и азота в агрегатах типичных черноземов многолетних опытов разного землепользования. Рассматривали размерные фракции агрегатов: >10, 10–3, 2–1, 1–0.25 и <0.25 мм. Содержание углерода и азота значительно зависели от вида использования почв. Из семи изученных видов использования (бессменный черный пар, залежь после бессменного черного пара, монокультуры кукурузы и картофеля, лесополоса и ежегодно косимая степь) для пяти показана зависимость содержания углерода от размеров агрегатов. Для азота подобная взаимосвязь выявлена в трех случаях. Особенности содержания углерода и азота в размерных фракциях агрегатов зависели от вида землепользования. Под травянистой растительностью (степь) содержание углерода увеличивается с уменьшением размеров агрегатов и достигает максимума во фракции 1–0.25 мм. В случае древесной растительности (лесополоса) максимумы содержания углерода наблюдаются во фракциях >10 и <0.25 мм. В восстанавливаемом черноземе под травянистой растительностью во всех агрегатах <2 мм было значительно больше углерода, чем в более крупных фракциях. Содержание азота в размерных фракциях в степи и лесополосе повторяло зависимости, выявленные для углерода.

Ключевые слова: структура почв, органическое вещество почв, восстановление почв, многолетние опыты, *Typlic Chernozems*

DOI: 10.31857/S0032180X21030072

ВВЕДЕНИЕ

Органическое вещество (ОВ) почв – важнейший компонент педосферы. Именно оно является материальным выражением биокосности почвы [2]. Запасы ОВ во многом определяют плодородие почв, буферность, эрозионную стойкость и др. От них зависит глобальный цикл углерода [17]. В ходе глобального круговорота углерода почва может как терять, так и накапливать ОВ. Очень часто потери связаны с деградацией структуры гумусовых горизонтов, в первую очередь, с разрушением макроагрегатов [14]. Накопление почвами углерода часто связано с процессами восстановления структуры при смене технологии обработки или типа землепользования на более щадящие. В целом общие взаимосвязи между содержанием органического вещества и структурой почвы известны: чем больше агрономически ценных агрегатов (0.25–10 мм), чем они водоустойчивее, тем больше углерода содержится в почве [12]. Однако механизмы восстановления структуры и содержания углерода изучены гораздо слабее.

Общепризнанные тесные взаимосвязи структуры и содержания углерода часто не являются линейными, например, в классической работе Хана [9] показана прямая связь между размерами водоустойчивых агрегатов и содержанием в них углерода, при этом подчеркивается, что подобных связей для агрегатов естественного сложения (воздушно-сухих) не выявлено. Поэтому научный интерес к агрегатам естественного сложения к двухтысячным годам упал. В англоязычной научной литературе в последнее время часто даже не разделяют водоустойчивые и воздушно-сухие агрегаты, по умолчанию применяя термин “aggregate” к водоустойчивым структурным отдельностям. Например, наиболее высокоцитируемая статья о структуре и органическом веществе 1982 г., заложившая основу современным подходам, озаглавлена [20] “Organic matter and water-stable aggregates in soils”, а в другой наиболее цитируемой работе [19], но вышедшей уже 1999 г., в заголовке под “Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems” имеются в

виду водоустойчивые агрегаты, а агрегаты естественного сложения вообще не рассматриваются.

С одной стороны, конечно, в агрегатах естественного сложения отличия по содержанию углерода плохо заметны, однако, с другой стороны, они явно отличаются друг от друга: их линейные размеры разнятся на 2 порядка, сильно изменяются показатели пористости [5], имеются данные о зависимости биологической активности от размеров агрегатов естественного сложения [3, 13, 21]. Все это указывает на весьма возможные качественные отличия ОВ в разноразмерных агрегатах при близком его валовом содержании.

Кроме того, ставшие доступными в последнее время точные инструментальные методы по анализу содержания, строения и структуры органического вещества, а также обработка больших массивов данных открывают новые возможности для сравнительного исследования не только водоустойчивых структурных отдельностей с выраженными отличиями, но и агрегатов естественного сложения. В связи с этим изучение содержания ОВ в зависимости от размеров агрегатов естественно сложения перспективно в настоящее время.

В свете глобального изменения климата и связанных с ним поглощением или эмиссией почвой углерода [6, 18] особенно актуально рассматривать различия в распределении ОВ по размерным фракциям структурных отдельностей для почв, в которых происходит восстановление структурного состояния и рост запасов ОВ. Подобный подход дает возможность оценить скорость накопления ОВ во фракциях агрегатов разного размера. Для подобной оценки обычно используют данные о содержании двух наиболее показательных составляющих ОВ – углерода и азота.

Цель работы – изучить особенности содержания и накопления углерода и азота в размерных фракциях структурных отдельностей типичных черноземов разного вида использования.

Изучали типичные черноземы многолетних полевых опытов, в которых анализировали 5 размерных фракций: >10, 10–3, 2–1, 1–0.25 и <0.25 мм. Как показали предыдущие исследования, именно агрегаты таких размеров отличаются друг от друга и достаточно гомогенны внутри размерных границ каждой фракции [10].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Образцы типичных черноземов многолетних опытов, Naplic Chernozems (Loamic, Pachic) [4, 16] отбирали на полевом стационаре ФГБНУ “Курский ФАНЦ” (п. Черемушки). Дополнительно в качестве примера ненарушенного чернозема отбирали образцы с многолетнего опыта “Ежегодно косимая степь” Центрально-черноземного государственного биосферного заповедника им. В.В. Але-

хина; участок расположен на территории заповедной Стрелецкой степи. Описание структурного состояния и качества ОВ экстрагируемых пулов можно посмотреть здесь [10, 11]. Ниже приводится описание опытов, большая часть образцов отобрана в 2014 г.

Бессменный черный пар с 1964 г. (пар – здесь и далее в скобках приводится краткое название опытного варианта, используемое в тексте) представляет собой участок, на котором почву ежегодно обрабатывают (перепашивают с оборотом пласта), не засевают и не допуская появления сорняков; таким образом, на этом поле с 1964 г. в почву практически не поступало свежее органическое вещество.

Залежь с 1998 г. после бессменного черного пара с 1964 г. (залежь): часть участка вышеописанного многолетнего опыта, который с 1998 г. перестали обрабатывать, отведя под залежь. В настоящее время он зарос ковылем. Этот вариант позволяет анализировать восстановление почвы в течение 17 лет после экстремальных нагрузок.

Бессменный картофель с 1964 г. монокультура без внесения удобрений (картофель).

Бессменная кукуруза с 1964 г. монокультура с внесением минеральных удобрений (кукуруза), на этом участке до 1991 г. применяли симазин.

Зернопаропропашной севооборот с внесением минеральных удобрений с 1964 г. (севооборот), чередование культур: пар, озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза, ячмень. Отбор образцов – после ячменя.

Лесополоса с 1964 г. – идет по кромке опытного поля (лесополоса) – вариант, в котором структура восстанавливается под воздействием лесной растительности и который при сравнительной оценке с пахотными черноземами демонстрирует высокие показатели структурности [8]. Образцы этого варианта, в отличие от всех остальных, были отобраны в 2017 г.

Отбор образцов осуществляли как описано в [10]. Образцы отбирали методом конверта на площадке опробования с диагональю 10 м. В пяти точках в центре и по углам. В качестве индивидуального образца отбирали полный объем, занимаемый почвой примерно 15 × 15 × 25 см, массой около 5 кг, глубина отбора 0–15 см. Далее образцы высушивали до воздушно-сухого состояния. Три из них использовали в работе. Из трех индивидуальных образцов сухим просеиванием [1] были выделены 5 размерных фракций: >10, 10–3, 2–1, 1–0.25 и <0.25 мм, в которых определяли содержание углерода и азота. Таким образом для каждой размерной фракции определение проводили в трех повторностях. Анализ на содержание общего углерода и азота проводили методом сухого сжигания в токе кислорода на автоматическом анализаторе Vario Macro CN [15]. В связи с тем, что pH

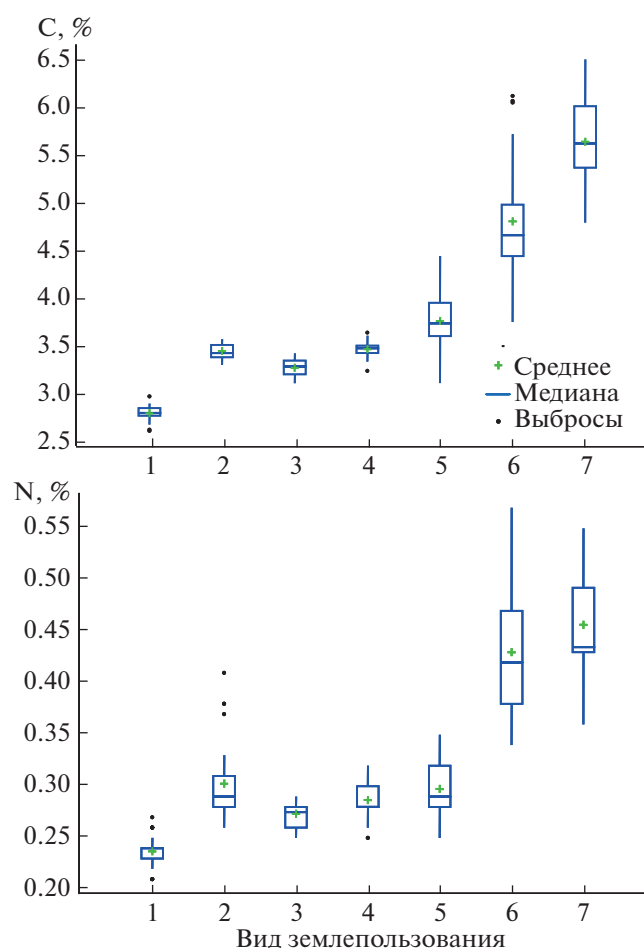


Рис. 1. Содержание (максимум, минимум, квантили, среднее и медиана) $C_{\text{орг}}$ (вверху) и N (внизу) в типичных черноземах разного землепользования: 1 – пар, 2 – картофель, 3 – кукуруза, 4 – севооборот, 5 – залежь, 6 – лесополоса, 7 – степь.

всех почв был <7 , а реакция с HCl на карбонаты была отрицательная, весь определенный углерод был отнесен к органическому [7]. Для анализа влияния размера структурных отдельностей на содержание углерода и азота использовали дисперсионный анализ ($\alpha = 0.05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$) и азота (N) в черноземах разного землепользования, оцененное на основе анализа пяти изучаемых размерных фракций, приведено на рис. 1. Средние значения $C_{\text{орг}}$ значительно зависели от вида использования черноземов (однофакторный дисперсионный анализ при $\alpha = 0.05$). Минимальное содержание углерода (2.80%) было в варианте пар, что соответствует особенностям многолетнего опыта – бесменному черному парованию с 1964 г. В варианте залежь через 17 лет после черно-

го парования накопилось примерно на процент больше углерода по сравнению с паром (3.8%). Более того, в этом варианте содержание углерода значительно превышало все рассматриваемые пахотные варианты многолетних опытов (картофель, кукуруза, севооборот), для которых были характерны значения 3.2–3.5%. В черноземе лесополосы среднее содержание углерода составило 4.8%. Максимальное содержание углерода отмечается в варианте ежегодно косимой степи – 5.7%.

Так же как в случае углерода, содержание азота в черноземах значительно зависело от их вида использования. В целом оно повторяло тенденции, отмеченные выше для углерода. В рассматриваемом ряду минимальное содержание азота отмечено в варианте пар (0.23%), максимальное – степь (0.48%). Из отличий следует выделить вариант залежь: содержание азота в этом опытном варианте было близко к обрабатываемым черноземам.

Для каждого вида использования дисперсионным анализом была оценена зависимость содержания углерода от размера структурных отдельностей. Содержание углерода рассматривали как зависимую переменную, принадлежность к размерной фракции – как фактор для дисперсионного анализа ($\alpha = 0.05$).

Из семи рассматриваемых вариантов в пяти почвах выявлена значимая зависимость содержания углерода от размера структурных отдельностей. При этом однофакторным дисперсионным анализом показана зависимость содержания углерода от размера структурных отдельностях для вариантов пар, кукуруза и степь. А при введении в качестве блочной переменной индивидуального образца, в наиболее пестром варианте – лесополоса – обнаруживается значимая зависимость содержания углерода. А в случае варианта залежь значимые отличия в содержании углерода можно выявить только между структурными отдельностями размером больше и меньше 2 мм.

Содержание углерода в вариантах использования черноземов, где оно зависело от размера структурных отдельностей, приводится на рис. 2. Для всех рассматриваемых черноземов нельзя выявить общий тренд накопления углерода в тех или иных фракциях. Видимо его определяет вид использования почв.

Вариант пар характеризуется относительным накоплением устойчивого органического вещества. В этом варианте, несмотря на небольшие отличия, содержание углерода значительно зависит от размеров агрегатов. Наименьшее содержание углерода в структурных отдельностях <0.25 мм (2.65%), затем следуют глыбистые агрегаты >10 мм (2.77%), агрегаты 2–1 мм (2.79%) и крупные и мелкие агрегаты с максимумами содержания углерода (2.83 и 2.84% соответственно). При этом тест на наименьшую существенную разницу ($\alpha = 0.05$)

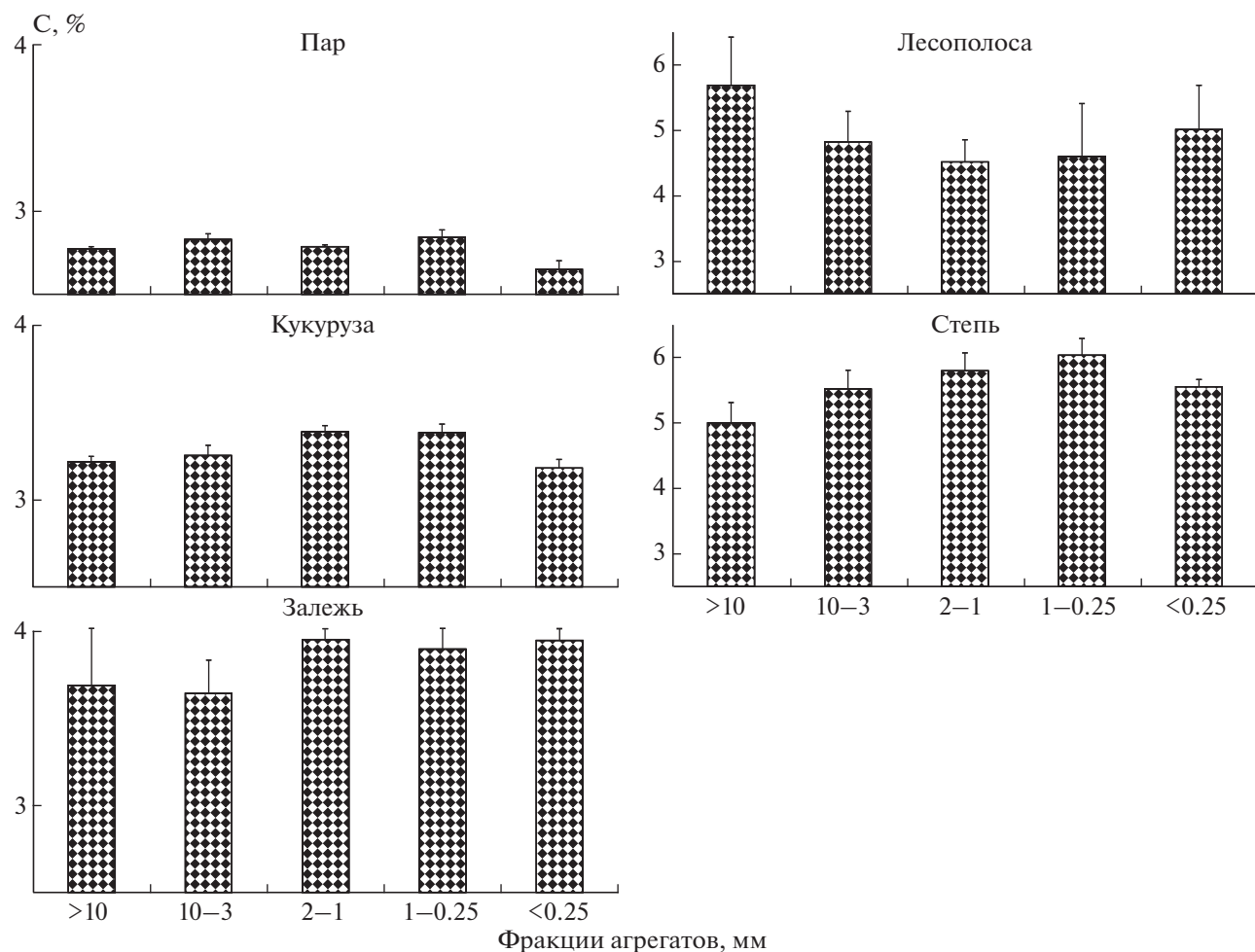


Рис. 2. Содержание углерода (средние и стандартные отклонения) в структурных отдельностях разного размера в типичных черноземах разного землепользования.

указывает, что по содержанию углерода от всех структурных отдельностей значимо отличается фракция <0.25 мм, глыбы значимо отличны от крупных агрегатов 10–3 мм. Все агрономически ценные агрегаты 10–0.25 мм между собой не отличаются. Таким образом, можно заключить, что при экстремальной деградации структурного состояния черноземов, большие потери углерода проявляются в глыбах >10 см и фракции <0.25 мм. Несмотря на ежегодную обработку почв, в агрономически ценных агрегатах содержание углерода несколько больше.

Контрастный к паре вариант степь характеризуется наилучшим в рассматриваемом ряду структурным состоянием [10], наибольшим содержанием углерода, обилием и разнообразием поступающих растительных остатков. Почва в этом варианте полностью насыщена по углероду и находится в стационарном состоянии на фоне избытка поступления свежего ОВ. В варианте степь наблюдается четкое возрастание от 5.0 до 6.0% со-

держания углерода с уменьшением размера структурных отдельностей (для глыб >10 мм и всех агрегатов), максимум наблюдается в мелких агрегатах, а затем, во фракции <0.25 мм содержание углерода уменьшается до 5.6%. Видимо, эта зависимость характерна для ненарушенных черноземов.

В другом черноземе с хорошим структурным состоянием – варианте лесополоса, который не подвергался воздействию 53 года и при сравнении с пахотными черноземами демонстрирует высокие показатели структурности [8, 10], наблюдалась прямо противоположная картина. Максимумы содержания углерода были в структурных отдельностях >10 мм (5.7%) и <0.25 мм (5.1%). Минимум был в агрегатах 2–1 мм (4.5%), несколько больше в мелких (4.6%) и крупных (4.8%) агрегатах. Такое отличие от варианта степь можно объяснить двумя гипотезами. Во-первых, по абсолютному содержанию углерода лесополоса еще не достигла уровня степи (4.5–5.0 против 5.0–6.0%) – возможно, скорость накопления углерода в струк-

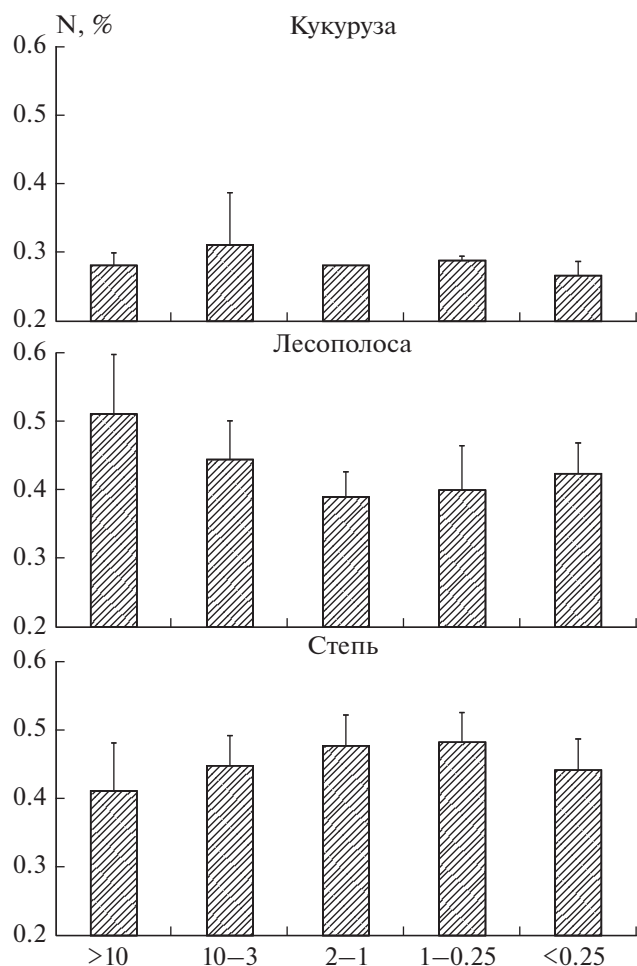


Рис. 3. Содержание азота (средние и стандартные отклонения) в структурных отдельностях разного размера в типичных черноземах разного землепользования.

турных отдельностях изменяется со временем, и в какой-то момент в агрономически ценных агрегатах он накапливается медленнее по сравнению с другими структурными отдельностями. Другое (более вероятное) объяснение, что это разница в качестве поступающего растительного опада: в ежегодно косимой степи это преимущественно корни травяной растительности, в лесополосе — опад листовых деревьев. Соответственно, плохо разлагающиеся крупные древесные остатки преимущественно накапливаются в крупной фракции, а хорошо разлагающийся лиственный опад обогащает фракцию <0.25 мм.

Видимо, именно качеством растительных остатков можно объяснить значимую зависимость содержания углерода от размера агрегатов в бессменной кукурузе, где наблюдается большее количество углерода в мелких агрегатах 1–0.25 и 2–1 мм. Во всех других агроценозах с традиционной интенсивной обработкой связи между размерами фракций и содержанием в них углерода выявлено не было. Очевидно обработка, разрушая

агрегаты и перемешивая их с растительными остатками, нивелирует этот показатель.

Вариант залежь, как уже говорилось, исторически происходит из варианта пар. За 17 лет в почве почти на процент значимо выросло содержание углерода, при этом более интенсивное накопление отмечено во всех структурных отдельностях меньше 2 мм (3.9–4.0%), в то время, как для фракций >2 мм показатель составил 3.6–3.7%. В целом это отражает отмеченный для степи тренд — увеличения содержания углерода с уменьшением размеров агрономически ценных агрегатов.

При оценке влияния размера структурных отдельностей на содержание азота однофакторным дисперсионным анализом были выявлены значимые зависимости для вариантов кукуруза, лесополоса и степь (рис. 3).

В варианте кукуруза максимум содержания азота наблюдался в крупных агрегатах 10–3 мм, при этом максимума содержания углерода в этих структурных отдельностях не было отмечено. Возможно, здесь имеет место интенсивное разложение ОВ. В степи же содержание азота в агрегатах повторяло зависимость, обнаруженную для углерода: максимальное содержание азота приходилось на размерные фракции 1–0.25 и 2–1 мм. Можно связать это с преимущественным поступлением свежего опада в эти фракции, где его избыток активно разлагается (или трансформируется), что и отражается в совместном возрастании обоих показателей относительно других структурных отдельностей. Аналогичная картина — совпадение тенденций в распределении углерода и азота по размерам агрегатов — наблюдается в варианте лесополоса, только там локализация трансформации ОВ наблюдается в глыбах >10 мм и фракции <0.25 мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным результатом проделанной работы является демонстрация связи размеров воздушно-сухих агрегатов и содержания в них углерода. Причем в целом эта связь проявляется при отсутствии разрушения агрегатов (как в степи, лесополосе или залежи) или при специфических видах использования почв, способствующих накоплению определенных размерных фракций из-за особенностей пожнивных остатков (как в монокультуре кукурузы) или относительного накопления устойчивого ОВ (бессменный черный пар). В зависимости от вида использования, максимумы и минимумы содержания органического вещества могут быть в разных размерных фракциях.

Для залежи — восстанавливающегося ценоза с травяной растительностью — характерно преимущественное накопление углерода во всех структурных отдельностях размером <2 мм. В ненару-

шенном (или длительное время восстанавливаемом) черноземе под древесной растительностью (лесополосой) максимумы содержания углерода отмечены в размерных фракциях >10 и <0.25 мм, а минимум в агрегатах 2–1 мм. Учитывая что последняя фракция – наиболее устойчивая и многочисленная в черноземах, можно предположить, что накопленные углерода под древесной растительностью в зоне черноземов идет в первую очередь в самых крупных и самых мелких агрегатах. Для черноземов нативной степи характерно увеличение содержания углерода с уменьшением размера агрегатов от глыб >10 мм до агрегатов 1–0.25 мм и снижение содержания в более мелкой фракции <0.25 мм. При экстремальной деградации структурного состояния черноземов большие потери углерода проявляются во фракциях >10 и <0.25 мм. Отличия в распределении углерода по агрегатам в степи и лесополосе вероятно объясняются различиями в поступающих растительных остатках: в первом случае это травяной опад, а во втором преимущественно древесный.

Полученные результаты указывают, что для черноземов, в которых длительное время отсутствует механическое разрушение агрегатов и отмечена зависимость содержания углерода от размерных фракций, есть аналогичная связь и с содержанием азота. Причем оба показателя в агрегатах изменяются единообразно.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 19-16-00053 (анализ образцов), Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-016-00078 (отбор образцов), а также с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием «Функции и свойства почв и почвенного покрова» Почвенного института им. В.В. Докучаева.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
2. Вернадский В.И. Биосфера. Избр. соч. М.: Изд-во АН СССР, 1960. Т. 5. 422 с.
3. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука, 2003. 348 с.
4. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
5. Медведев В.В. Механизмы образования макроагрегатов черноземов // Почвоведение. 1994. № 11. С. 24–30.
6. Национальный доклад “Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство)” / Под ред. А.И. Бедрицкого. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. GEOS, 2018. 357 с.
7. Пансю М., Готеру Ж. Анализ почвы. Справочник. Минералогические, органические и неорганические методы анализа / Пер. под ред. Д.А. Панкратова. СПб.: ЦОП Профессия, 2014. 800 с.
8. Хайдапова Д.Д., Честнова В.В., Шейн Е.В., Милановский Е.Ю. Реологические свойства черноземов типичных (Курская область) при различном земледелии // Почвоведение. 2016. № 8. С. 955–963.
9. Хан Д.В. Органо-минеральные соединения и структура почвы. М.: Наука, 1969. 140 с.
10. Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Фарходов Ю.Р., Белобров В.П., Юдин С.А., Айдиев А.А., Лазарев В.И., Фрид А.С. Изменение соотношения фракций агрегатов в гумусовых горизонтах черноземов в различных условиях земледелия // Почвоведение. 2019. № 2. С. 184–193.
11. Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Фарходов Ю.Р., Яшин М.А., Лазарев В.И., Ильин Б.С., Филиппова О.И., Воликов А.Б., Иванов А.Л. Оптические характеристики экстрагируемых фракций органического вещества типичных черноземов в многолетних полевых опытах // Почвоведение. 2020. № 6. С. 691–702.
12. Шейн Е.В. Курс физики почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. 432 с.
13. Bailey V.L., Bilskis C.L., Fansler S.J., McCue L.A., Smith J.L., Konopka A. Measurements of microbial community activities in individual soil macroaggregates // Soil Biol. Biochem. 2012. V. 48. P. 192–195.
14. Bailey V.L., Pries C.H., Lajtha K. What do we know about soil carbon destabilization? // Environ. Res. Lett. 2019. V. 14(8). P. 083004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab2c11>
15. ISO 10694:1995 Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis).
16. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. FAO. World Soil Resources Reports. 2014. V. 106. 203 p.
17. Jobaggy E.G., Jackson R.B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation // Ecol. Appl. 2000. № 10. P. 423–436.
18. Minasny B., Malone B., McBratney A., Angers D., Arrouays D., Chambers A., Chaplot V., Chen Z. et al. Soil Carbon 4 per mille // Geoderma. 2017. V. 292. P. 59–86.
19. Six J., Elliott E., Paustian K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems // Soil Sci. Soc. Am. J. 1999. V. 63. P. 1350–1358.
20. Tisdall J.M., Oades J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils // J. Soil Sci. 1982. V. 62. P. 141–163.
21. Velasquez E., Brunet D., Grimaldi M., Martins M., Carolina A., Barrios E., Lavelle P. This ped is my ped: Visual separation and near infrared spectra allow determination of the origins of soil macroaggregates // Pedobiologia. 2007. V. 51. P. 75–87.

Content of Organic Carbon and Nitrogen in Particle-Size Fractions of Aggregates of Haplic Chernozems

V. A. Kholodov^{1,*}, N. V. Yaroslavtseva¹, M. A. Yashin¹, Yu. R. Farkhodov¹,
B. S. Ilyin², and V. I. Lazarev²

¹*Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, 190171 Russia*

²*Kursk FSAC, Cheremushk, 305526 Russia*

**e-mail: vkholod@mail.ru*

Content of organic carbon and nitrogen in particle-size fractions of aggregates of long-term land management experiments Haplic Chernozems were evaluated. We used aggregates of size fractions >10, 10–3, 2–1, 1–0.25 and <0.25 mm. The content of both carbon and nitrogen depended significantly on land management. The five out of seven land management variants demonstrated the dependence of carbon content on the size of aggregates. For nitrogen, the dependence of its content upon the fraction size was shown for three experimental land managements. The distribution of carbon and nitrogen in the size fractions of aggregates depended on land management. Under herbaceous vegetation (steppe), the carbon content increases with decreasing aggregate size and reaches maximum in the fraction of 1–0.25 mm. In the case of arboreous vegetation (shelterbelt), carbon maxima are observed in fractions > 10 and <0.25 mm. In the recovering chernozem under the grasses, in all aggregates <2 mm, there was significantly more carbon than in the coarser fractions. The distributions of nitrogen by size fractions in steppe and forest shelterbelt were similar to the dependences found for carbon

Keywords: soil organic matter, soil structure, soil organic matter, Haplic Chernozems, soil recovery, long-term experiments