



## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ УГЛЕРОД-СЕКВЕСТРИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПАХОТНЫХ ПОЧВ

© 2022 И. Н. Шарков , П. В. Антипина 

ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, а/я 356, Новосибирский район, Новосибирская область, 630501, Россия. E-mail: [humus3@yandex.ru](mailto:humus3@yandex.ru)

*В статье рассмотрены возможности пахотных почв, используемых по современным агротехнологиям, при секвестрации атмосферного CO<sub>2</sub>. Показано, что эти возможности весьма ограничены – обеспечивают абсолютный прирост содержания органического вещества (ОВ) в верхнем слое почвы до 0,1% С. Для лесостепных черноземов это составляет не более 10% от количества C<sub>орг</sub>, которое было потеряно ими после вовлечения в пашню и использования до достижения равновесного уровня содержания ОВ. Невысокая углерод-секвестрирующая способность почв агроценозов объясняется, во-первых, резким, в 3 раза и более, уменьшением поступления в них растительных остатков в сравнении с целинными аналогами и, во-вторых, неспособностью прочно закреплять свежесформированные гумусовые вещества, делая их труднодоступными для почвенных микроорганизмов. Показано, что при ежегодном внесении меченых <sup>14</sup>C растительных остатков прирост углерода в почве прекращался уже к 5-му году опыта, свидетельствуя об установлении равновесия между процессами минерализации и закрепления в почве меченых <sup>14</sup>C соединений. Сделан предварительный вывод о том, что способность к прочной фиксации свежесформированных гумусовых веществ является исключительной особенностью целинных (залежных) почв. Пахотные земли могут играть существенную роль в секвестрации атмосферного CO<sub>2</sub>, только после их перевода в залежь. Однако, по понятным причинам, это может быть осуществлено в весьма ограниченных масштабах и, в основном, на землях, которые нецелесообразно использовать для получения сельскохозяйственной продукции.*

**Ключевые слова:** пахотная почва; секвестрация CO<sub>2</sub> атмосферы; агротехнологии; минеральные удобрения; минимизация обработки почвы; эмиссия CO<sub>2</sub> почвой

**Цитирование:** Шарков И.Н., Антипина П.В. Некоторые аспекты углерод-секвестрирующей способности пахотных почв // Почвы и окружающая среда. 2022. Том 5. № 2. е175. DOI: [10.31251/pos.v5i2.175](https://doi.org/10.31251/pos.v5i2.175)

### ВВЕДЕНИЕ

Исследование органического вещества (ОВ) пахотных почв и его основного компонента – гумуса – имеет длительную историю, прежде всего, в связи с познанием их многогранной роли в формировании почвенного плодородия. Традиционно принято считать, что различные агротехнологические мероприятия, способствующие увеличению содержания ОВ в почве, оказывают благотворное влияние и на почвенное плодородие. Такие мероприятия достаточно хорошо изучены, поскольку повышение плодородия почвы всегда рассматривали, особенно в отечественном земледелии, в качестве обязательного условия формирования высокопродуктивных агрофитоценозов. После принятия ООН в 1992 году Рамочной конвенции об изменении климата, активно начинают заниматься проблемой накопления в атмосфере Земли «парниковых» газов, одним из которых является CO<sub>2</sub>. В результате исследования почвенного органического вещества получили новый импульс, поскольку в почве постоянно происходит переработка накопленного и поступающего свежего ОВ, т.е. в агроэкосистемах почва одновременно выступает и как источник, и как хранилище атмосферного CO<sub>2</sub>.

Примечательно то, что основные приоритеты при изучении органического вещества как фактора почвенного плодородия и потенциального регулятора содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере полностью совпадают. Так, для улучшения агрофизических, агрохимических и биологических свойств почв земледельцы стремятся накапливать ОВ, что одновременно способствует снижению концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере и, как следствие, ослаблению «парникового» эффекта. Поэтому большинство ранее полученных результатов по изучению почвенного органического вещества представляет интерес и для решения вопросов секвестрации почвами атмосферного CO<sub>2</sub>.

Под почвенной секвестрацией углерода понимают целенаправленный перевод атмосферного CO<sub>2</sub> в органическое вещество почв с целью длительного его сохранения в

почвенном резервуаре. Важно знать, при каких состояниях почва является нетто-источником, а при каких – нетто-стоком в обмене углерода с атмосферой (Семенов, Когут, 2015).

Цель статьи заключается в оценке возможностей почв агроценозов секвестрировать (депонировать)  $\text{CO}_2$  атмосферы при использовании современных технологий выращивания сельскохозяйственных культур.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Статья написана по результатам собственных исследований и литературным материалам авторов, изучавших закономерности изменения содержания почвенного органического вещества после распашки целинных почв и их использования с применением современных агротехнологий. Полевые опыты по оценке минерализации в почве меченой  $^{14}\text{C}$  соломы, сравнительному определению состава ОВ на целинных и залежных участках, учету эмиссии  $\text{CO}_2$  под влиянием разных приемов механической обработки почвы проведены на черноземе выщелоченном (Luvic Chernozem) среднесуглинистого гранулометрического состава в центральной лесостепи Новосибирского Приобья. Климат района исследования резко континентальный – с продолжительной и холодной зимой, коротким и относительно теплым летом. Среднегодовое количество осадков составляет примерно 400 мм, сумма температур воздуха выше  $10^\circ\text{C}$  – около  $1800^\circ\text{C}\times\text{сут}$  при продолжительности периода 120 дней.

Общий углерод в почве определяли традиционным методом (Никитин, 1999), подвижный гумус – в непосредственной вытяжке 0,1 н. NaOH (Пономарева, Плотникова, 1980), детрит – путем отделения от почвы с помощью «тяжелой» жидкости (Ганжара и др., 1985). Определение эмиссии  $\text{CO}_2$  из почвы, получение тотально меченых  $^{14}\text{C}$  растительных остатков и проведение полевого эксперимента с ними проводили с помощью разработанных авторских методик (Шарков, 2005а; 2005б).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Существует три основных подхода к регулированию  $\text{CO}_2$ -секвестрирующей способности пахотных почв: 1) управление процессами минерализации и гумификации ОВ в почве, 2) выращивание культур для получения продукции с длительным (десятилетия) периодом использования, 3) ресурсосбережение в агротехнологиях, позволяющее получать урожаи с наименьшей техногенной эмиссией  $\text{CO}_2$ . Первый из них является наиболее значимым и, как уже говорилось, достаточно хорошо разработан в настоящее время в связи с актуальностью вопросов воспроизводства плодородия почв в агроценозах.

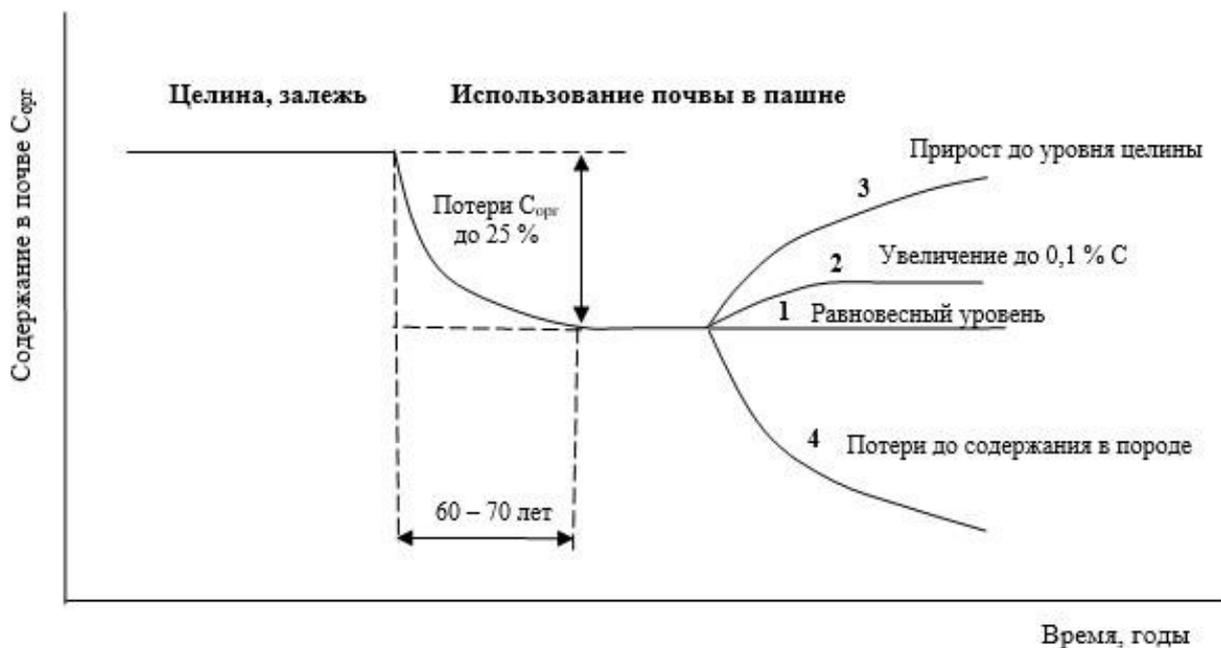
Протекание процессов минерализации и гумификации, безусловно, зависит от свойств самих почв, видов выращиваемых культур, а также климатических особенностей территории, уровня интенсификации агротехнологий, определяющих урожайность и, следовательно, количество поступающего в почву растительного вещества. Однако уже довольно давно исследователями выявлены общие закономерности изменения запасов ОВ в почвах после их вовлечения в пашню и использования с применением различных агротехнологических приемов. Эти результаты позволяют судить о возможных масштабах углерод-секвестрирующей способности пахотных почв.

Первые схемы, показывающие изменение содержания гумуса в целинных и залежных почвах после их вовлечения в пашню, были представлены несколько десятилетий назад (Иени, 1948; Орлов, 1981). В дальнейшем, на основании обобщения результатов длительных полевых опытов, эти схемы были конкретизированы с указанием количественных параметров изменения содержания углерода в пахотных почвах под влиянием ряда агротехнологических приемов (Шарков, 1987; Шарков, Данилова, 2010).

Ниже приведена одна из таких схем, несколько адаптированная к рассмотрению вопросов секвестрации углерода черноземами (рис. 1). На ней показано, что основные минерализационные потери  $S_{\text{орг}}$  происходят в первые десятилетия после распашки целины. В дальнейшем, если отсутствует эрозия и не происходит существенных изменений в использовании почвы, потери ОВ замедляются, и его содержание постепенно приближается к равновесному (стационарному) уровню. Черноземные почвы до достижения стационарного уровня теряют в среднем около 25%  $S_{\text{орг}}$ . Почву, в которой достигнут такой уровень, предложено называть старопашотной (Шарков,

1997). Равновесный уровень может поддерживаться неограниченно долго за счет растительных остатков, если не будет значительных эрозионных потерь почвы.

Возможности земледельцев повышать содержание  $C_{орг}$  в старопахотных почвах за счет применения агротехнологий, в том числе интенсивных, весьма ограничены. На схеме (см. рис. 1) это показано линией 2: под влиянием агротехнологий, основанных на применении минеральных удобрений и (или) минимизации обработки почвы, абсолютное увеличение содержания углерода в верхнем слое (обычно 0–25 см) составляет не более чем 0,1%.



**Рисунок 1.** Обобщенная схема основных изменений содержания органического вещества в пахотном слое в процессе освоения и использования черноземов: 1 – при использовании почвы в пашне более 60–70 лет без значительного проявления эрозии; 2 – при применении минеральных удобрений и (или) минимизации обработки почвы; 3 – при переводе почвы в залежь; 4 – при прогрессирующей эрозии (Шарков, 2009а).

Для лесостепных пахотных незеродированных черноземов, содержание углерода в которых в настоящее время, как правило, находится в пределах 3–4%, это агротехнологическое повышение содержания элемента является, в общем-то, незначительным – всего лишь 2–3% относительных. По этому поводу ранее американский агрохимик У.Б. Эндрюс (1959) замечал, что севооборот поддерживает содержание органического вещества в почве на определенном уровне, который не может быть повышен внесением зеленых удобрений, навоза или минеральных удобрений, если применять эти удобрения в экономически оправданных дозах. Такого же мнения придерживаются и некоторые другие авторы (Дебрук и др., 1981), сделавшие вывод о невозможности накопления углерода в почве за счет соломыстых и сидеральных удобрений, даже если их поступление превышает потребности почвы для поддержания бездефицитного баланса гумуса. Аналогичную позицию отстаивал и немецкий агрохимик М. Кершенс (1992).

Пахотные земли могут играть существенную роль в секвестрации атмосферного  $CO_2$ , если их перевести в залежь (см. рис. 1). Можно ожидать, что постепенно, за многие десятилетия, будет достигнут исходный запас органического вещества, который был присущ целинной почве. Например, за первые 20 лет залужения бессменного пара на типичном черноземе в Курской области содержание гумуса увеличилось на 0,78% (прирост составлял 0,039% в год), но при этом его количество в черноземе залежи достигло только 62% от показателя в целинном аналоге (Мамонтов и др., 2020). Однако вполне понятно, что такой способ секвестрации атмосферного  $CO_2$  может использоваться в весьма ограниченных масштабах и преимущественно на землях, которые по тем или иным причинам нецелесообразно использовать для получения сельскохозяйственной продукции.

Таким образом, под влиянием агротехнологий, основанных на применении минеральных удобрений и минимизации обработки почвы, почва способна депонировать до 0,1% С от массы верхнего слоя. По мнению исследователей (Ганжара, Васильев, 1985), минимальное повышение содержания гумуса, при котором становится заметным изменение свойств почвы, составляет 0,3% С. Однако, если 0,1% С пересчитать на 1 га, то для слоя 0–25 см массой 2500 т/га это составит примерно 2,5 т С, что, казалось бы, немало. Но, по нашему мнению, эту величину необходимо оценивать в сравнении с тем количеством углерода, которое почва уже потеряла до установления равновесного уровня содержания ОВ. Для черноземных почв оно составляет в среднем 25% от количества углерода в целинной почве (см. рис. 1), и, следовательно, при обычном содержании  $S_{орг}$  в целинном черноземе 5% (около 8,5% гумуса) почва до достижения равновесного уровня содержания ОВ теряет примерно 31 т С/га. То есть, под влиянием агротехнологий почва способна вернуть обратно (секвестрировать) не более 10% углерода, утраченного в процессе освоения и использования целинных черноземов.

Заметим, что фактические величины секвестрированного углерода будут еще меньше. Дело в том, что осуществление всякой агротехнологии сопряжено с выбросами в атмосферу определенных количеств  $CO_2$  вследствие использования горючего, а также удобрений и пестицидов, производство которых невозможно без дополнительной эмиссии  $CO_2$ . Поэтому, как отмечено выше, ресурсосбережение в агротехнологиях, связанное с минимизацией обработки почвы, снижением энергетических затрат при уборке, сушке, подработке продукции и др., важно не только для повышения экономической эффективности растениеводства, но и для уменьшения выбросов  $CO_2$  в атмосферу.

Почему агротехнологии, обеспечивающие ежегодное образование достаточно большого количества растительных остатков, не способны восполнить в почве ОВ, утраченное после распашки целинных почв? По мнению исследователей (Титлянова и др., 1982; 2005), основной причиной потерь органического вещества целинными почвами после вовлечения их в пашню является резкое сокращение (в три раза и более) поступления растительных остатков. Это приводит к постепенной утрате легкоминерализуемых фракций, в результате чего органическое вещество пахотных почв становится значительно более консервативным в сравнении с их целинными аналогами.

Сравнительное определение состава органического вещества чернозема выщелоченного на смежных пахотном и целинном (залежном) участках в лесостепи Новосибирского Приобья подтверждает вывод об утрате пахотными почвами, прежде всего, лабильных фракций (Шарков, 2009а). Целинный чернозем выщелоченный в слое 0–25 см в среднем содержал  $S_{орг}$  в 1,1 раза, углерода подвижного гумуса – 1,2 и углерода детрита – в 3,8 раза больше в сравнении с пахотной почвой (табл. 1). При этом доля углерода детрита в составе  $S_{орг}$  снизилась с 16,7% в целинной почве до 4,9% – в ее пахотном аналоге. Эти данные показывают, что содержание детрита более значительно, чем подвижного гумуса, отражало различия в составе ОВ целинных и пахотных почв.

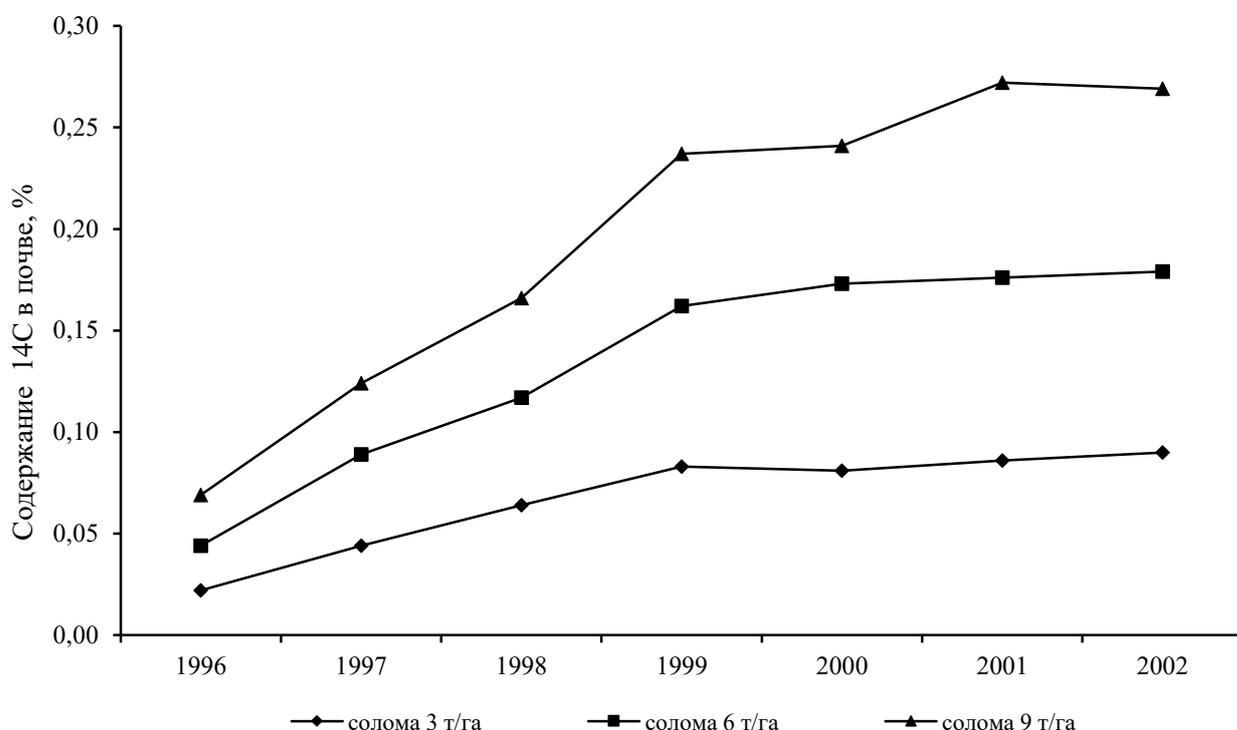
Таблица 1

Обобщенные показатели содержания общего и лабильного органического вещества в черноземе выщелоченном (слой 0–25 см), % С от массы почвы (Шарков, 2009а)

Использование почвы, количество определений	$S_{орг}$		Детрит		Подвижный гумус		Доля в $S_{орг}$ , %	
	среднее	lim	среднее	lim	среднее	lim	детрита	подвижного гумуса
Пашня под зерновыми не менее 60 лет, n = 7	3,00	2,65–3,35	0,147	0,125–0,170	0,514	0,366–0,758	4,9	17,1
Целина или многолетняя залежь, n = 7	3,37	2,65–3,85	0,563	0,319–0,845	0,634	0,471–0,967	16,7	18,8

Вероятно, еще более чувствительным сравнительным показателем консервативности органического вещества пахотных и целинных почв является содержание в них мортмассы. Так, показано (Титлянова и др. 2005), что отношение запасов углерода гумуса к углероду фитомассы и мортмассы в почвах агроценозов составляет примерно 42, а в степях и лугах – только около 15.

Другая причина недостаточной углерод-секвестрирующей способности пахотных почв связана с их слабой способностью прочно закреплять свежесформированные гумусовые вещества, что не предохраняет их от дальнейшей минерализации. Об этом свидетельствуют результаты микрополевого опыта с тотально меченой  $^{14}\text{C}$  пшеничной соломой (Шарков и др. 2010). В этом опыте на протяжении 7 лет в слой 0–20 см чернозема выщелоченного среднесуглинистого состава ежегодно вносили измельченную солому из расчета 3, 6 и 9 т/га. Результаты опыта показывают, что уже к 5-му году опыта, независимо от дозы соломы, прирост углерода в почве практически прекращался (рис. 2). Следовательно, к этому времени устанавливалось равновесие между процессами минерализации и закрепления в почве меченого  $^{14}\text{C}$  органического вещества. При этом максимальное накопление углерода соломы в почве при ежегодном применении ее в дозах 3, 6 и 9 т/га соответственно составило 0,08, 0,18 и 0,27% С от массы верхнего слоя.



**Рисунок 2.** Увеличение содержания углерода в пахотном слое чернозема выщелоченного под влиянием ежегодного внесения возрастающих доз меченой  $^{14}\text{C}$  пшеничной соломы (Шарков, 2009б).

По-видимому, способность к прочной фиксации свежесформированных гумусовых соединений является исключительной особенностью целинных (залежных) почв, точнее, тех условий, которые в них складываются. В почве, которая не нарушается механическими обработками, продукты разложения растительных остатков и свежие гумусовые вещества ежегодно осаждаются слой за слоем на поверхности почвенных частиц, создавая прочные органоминеральные комплексы. Наслаиваясь одна на другую, пленки гумусовых веществ препятствуют разрушительной деятельности микроорганизмов, в том числе, возможно, и за счет ограничения диффузии кислорода. Обработывая почву либо просто подвергая ее деформациям колесами транспортных средств, мы в значительной степени исключаем свойственные целинной почве условия для закрепления гумусовых веществ. В результате довольно быстро наступает момент, когда поступающего сравнительно большого количества растительного вещества становится

недостаточно, чтобы обеспечивать непрерывное накопление углерода в почве.

Относительное повышение углерод-секвестрирующей способности пахотных почв часто связывают с минимизацией их механической обработки (Шарков, 2009б; Кудеяров, 2019). Как уже говорилось (см. рис. 1), в целом под влиянием минимизации обработки содержание  $C_{орг}$  в пахотной почве повышается незначительно. Оно может вообще не изменяться либо даже снижаться – это зависит от изменения под влиянием приемов обработки урожайности культур и, следовательно, поступления в почву растительной массы (Шарков, 2006). Если минимизация обработки не сопровождается увеличением поступления в почву растительного вещества, то при этом не будет происходить и дополнительное накопление в почве  $C_{орг}$ .

Это подтверждают результаты полевого опыта, в котором пшеницу возделывали в течение 9 лет на двух фонах зяблевой обработки: при вспашке на глубину 25–27 см и культивации на 6–8 см (Шарков и др., 2016). В одном из вариантов опыта солому пшеницы удаляли с поля, в другом – измельчали и заделывали в почву. Количество поступившего в почву надземного растительного вещества практически не зависело от приема обработки, но при оставлении соломы на поле оно было в 4,7 раза больше (табл. 2).

**Таблица 2**

Среднегодовое поступление надземного растительного вещества и углерода в почву при различных приемах обработки почвы, т/га пашни (Шарков и др., 2016)

Севооборот	Вспашка		Культивация	
	сухое вещество	углерод	сухое вещество	углерод
1. Чистый пар–пшеница–пшеница (солому удаляли с поля)	0,73	0,29	0,75	0,30
2. Чистый пар–пшеница–пшеница (солому оставляли на поле)	3,41	1,36	3,32	1,33

Как показали результаты трехлетнего исследования (Антипина, 2017), гетеротрофная эмиссия  $CO_2$  за вегетационный период определялась среднегодовым поступлением растительного вещества в почву и практически не зависела от приема зяблевой обработки (табл. 3). Следовательно, при одинаковом среднегодовом поступлении на этих фонах обработки свежего растительного вещества, депонирование углерода в почве было также близким.

**Таблица 3**

Потери углерода из органического вещества парующейся почвы за вегетационные периоды, кг  $C-CO_2$ /га (Антипина, 2017)

Обработка почвы	Суммарные потери углерода за годы			Среднее за три года
	2011	2012	2013	
Солому удаляли с поля				
Вспашка	1602	1325	1636	1521
Поверхностная	1596	1278	1697	1524
НСР <sub>05</sub>	168	56	146	
Солому оставляли на поле				
Вспашка	2103	1742	2434	2093
Поверхностная	1971	1651	2215	1946
НСР <sub>05</sub>	105	136	216	

Таким образом, в пахотных почвах, достигших равновесного уровня содержания  $OB$ , среднегодовые гетеротрофные потери  $C-CO_2$  за вегетационный период всецело определяются количеством поступающих растительных остатков и практически не зависят от степени минимизации механической обработки почвы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ собственных и литературных данных показал возможности пахотных почв по секвестрации атмосферного CO<sub>2</sub> при использовании современных агротехнологий, основанных на применении минеральных удобрений и минимизации обработки почвы. Благодаря повышению урожайности и, соответственно, количества растительных остатков эти технологии обеспечивают сравнительно небольшой абсолютный прирост C<sub>орг</sub> в верхнем слое почвы – до 0,1% С. Ориентировочные оценки показывают, что для лесостепных черноземов это составляет не более 10% от количества C<sub>орг</sub>, которое было потеряно ими после распашки до достижения равновесного уровня ОВ. Имеются, по крайней мере, две причины, не позволяющие с помощью агротехнологий восстановить большую часть утраченного целинными почвами органического вещества. Первая связана с резким, в три раза и более, уменьшением поступления растительной массы в пахотные почвы в сравнении с их целинными аналогами. Вследствие этого теряются, прежде всего, легкоминерализуемые фракции ОВ, что наиболее заметно по изменению содержания в почве детрита или мортмассы. Вторая причина недостаточной углерод-секвестрирующей способности пахотных почв связана с их слабой способностью прочно закреплять свежесформированные гумусовые вещества, а такое закрепление предохраняет гумусовые вещества от дальнейшей минерализации почвенными микроорганизмами. Показано, что при ежегодном внесении меченых <sup>14</sup>C растительных остатков к пятому году опыта прирост углерода в почве прекращался благодаря установлению равновесия между процессами минерализации и закрепления в почве меченых <sup>14</sup>C соединений. Вероятно, способность к прочной фиксации свежесформированных гумусовых веществ является исключительной особенностью целинных (залежных) почв.

Следовательно, пахотные земли могут играть существенную роль в секвестрации атмосферного CO<sub>2</sub> только после их перевода в залежь. Однако, по понятным причинам, такой способ секвестрации CO<sub>2</sub> может использоваться в весьма ограниченных масштабах, главным образом, на землях, которые по тем или иным причинам нецелесообразно использовать для получения растениеводческой продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Антипина П.В. Влияние минимизации обработки почвы на поступление органического вещества и его минерализацию в лесостепи Западной Сибири // Почвенные ресурсы Сибири: вызовы XXI века. Сб. матер. Всерос. науч. конф. (Новосибирск, 4–8 декабря 2017 г.). Изд-во ТГУ. 2017. С. 161–165. DOI:10.17223/9785946216456/37.
2. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Шевченко А.В., Деревягин В.А. Метод определения содержания и состава мобильных форм органических веществ в почвах // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 1987. Вып. 1. С. 173–177.
3. Дебрук И., Фишбек Г., Кампе В. *Зерновые культуры. Актуальные проблемы* // Пер. с нем. и предисл. В.И. Пономарева. М.: Колос, 1981. 127 с.
4. Ганжара Н.Ф., Васильев В.А. Влияние органических веществ на свойства почв и урожай // *Агрехимия*. 1985. № 2. С. 70–74.
5. Иени Г. *Факторы почвообразования* // Пер. с англ. М.: ИЛ, 1948. 347 с.
6. Кершенс М. Значение содержания гумуса для плодородия почв и круговорота азота // *Почвоведение*. 1992. № 10. С. 122–131.
7. Кудеяров В.Н. Агрогеохимические циклы углерода и азота в современной земледелии России // *Агрехимия*. 2019. № 12. С. 3–15. DOI: 10.1134/S000218811912007X.
8. Мамонтов В.Г., Артемьева З.С., Лазарев В.И., Родионова Л.П., Крылов В.А., Ахмедзянова Р.Р. Сравнительная характеристика свойств целинного, пахотного и залежного чернозема типичного Курской области // *Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева*. 2020. Вып. 101. С. 182–201. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-101-182-201.
9. Никитин Б.А. Метод определения гумуса почвы // *Агрехимия*. 1999. № 5. С. 91–93.
10. Орлов Д.С. Проблема контроля и улучшения гумусного состояния почв // *Научные доклады высшей школы. Биологические науки*. 1981. № 2. С. 9–20.
11. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. *Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения)*. Л.: Наука, 1980. 222 с.
12. Семенов В.М., Когут Б.М. *Почвенное органическое вещество*. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.
13. Титлянова А. А., Кудряшова С. Я., Косых Н. П., Шибарева С. В. Биологический круговорот углерода и его изменение под влиянием деятельности человека на территории Южной Сибири // *Почвоведение*. 2005. № 10. С. 1240–1250.
14. Шарков И.Н. Удобрения и проблема гумуса в почве // *Почвоведение*. 1987. № 11. С. 70–81.

15. Шарков И.Н. *Минерализация и баланс органического вещества в почвах агроценозов Западной Сибири*. Автореф. дис. ... доктора биол. наук. Новосибирск, 1997. 37 с.
16. Шарков И.Н. *Абсорбционный метод определения эмиссии CO<sub>2</sub> из почв* // Методы исследований органического вещества почв. М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2005а. С. 401–407.
17. Шарков И.Н. *Изучение минерализации и баланса органического вещества в почвах агроценозов* // Методы исследований органического вещества почв. М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2005б. С. 359–376.
18. Шарков И.Н. *Минимизация обработки почвы, запас органического вещества и минерализация почвенного азота* // Роль современных технологий в устойчивом развитии АПК: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 110-летию со дня рождения Т.С. Мальцева. 2006. С. 305–311.
19. Шарков И.Н. *Почвенное плодородие в свете современных представлений об органическом веществе почвы* // Агрохимические свойства почв и приемы их регулирования. IV Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения: матер. междунар. практ. конф. (Иркутск, 16–21 июля 2007 г.) / Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние. Новосибирск, 2009а. С. 60–72.
20. Шарков И.Н. *Минимизация обработки и ее влияние на плодородие почвы* // *Земледелие*. 2009б. № 3. С. 24–27.
21. Шарков И.Н., Данилова А.А. *Влияние агротехнических приемов на изменение содержания гумуса в пахотных почвах* // *Агрохимия*. 2010. № 12. С. 72–81.
22. Шарков И.Н., Данилова А.А., Прозоров А.С., Самохвалова Л.М., Бушмелева Т.И., Шепелев А.Г. *Воспроизводство гумуса как составная часть системы управления плодородием почвы: методическое пособие*. Россельхозакадемия. ГНУ СибНИИЗиХ. Новосибирск, 2010. 36 с.
23. Шарков И.Н., Самохвалова Л.М., Мишина П.В. *Изменения органического вещества чернозема выщелоченного при минимизации обработки в лесостепи Западной Сибири* // *Почвоведение*. 2016. № 7. С. 892–899. DOI: 10.7868/S0032180X16070091.
24. Эндриус У.Б. *Применение органических и минеральных удобрений* / Пер. с англ. М.: ИЛ., 1959. 399 с.

Поступила в редакцию 29.03.2022

Принята 27.04.2022

Опубликована 04.05.2022

#### Сведения об авторах:

**Шарков Иван Николаевич** – доктор биологических наук, руководитель Сибирского научно-исследовательского института земледелия и химизации Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий (СибНИИЗиХ СФНЦА) РАН (р.п. Краснообск, Новосибирская область, Россия); [humus3@yandex.ru](mailto:humus3@yandex.ru)

**Антипина Полина Викторовна** – научный сотрудник Сибирского научно-исследовательского института земледелия и химизации Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий (СибНИИЗиХ СФНЦА) РАН (р.п. Краснообск, Новосибирская область, Россия); [polyshka@cn.ru](mailto:polyshka@cn.ru)

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## SOME ASPECTS OF CARBON SEQUESTRATION CAPACITY OF ARABLE SOILS

© 2022 I. N. Sharkov , P. V. Antipina 

*Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia, E-mail: [humus3@yandex.ru](mailto:humus3@yandex.ru)*

*The article analyzes the possibilities of arable soils for atmospheric CO<sub>2</sub> sequestration by using modern agricultural technologies. Such possibilities are concluded to be very limited, as they increase the content of organic matter (OM) in the topsoil up to 0.1% C use until an OM equilibrium level is reached. For chernozems (Phaeozems) in the forest-steppe region this value accounts for not more than 10% of the soil organic carbon, lost since the soils started to be used for agricultural production till they reached equilibrium in carbon content. The reasons for the poor atmospheric carbon sequestration capacity of agricultural soils are explained, firstly, by a sharp, three-fold or more, decrease in the plant residues input to soils in comparison with undisturbed soils and, secondly, by the inability to firmly fix freshly formed humus substances: firm fixation of humus substances makes them inaccessible to soil microorganisms. It was shown that with the annual application of <sup>14</sup>C labeled plant residues, soil carbon content stopped increasing already*

by the fifth year of the experiment, which indicated the establishment of a balance between carbon mineralization and fixation of  $^{14}\text{C}$  labeled compounds in soil. A preliminary conclusion was made that the ability to firmly fix freshly formed humus substances is an exclusive feature of undisturbed or abandoned arable soils. Arable land can play a significant role in atmospheric carbon sequestration only if abandoned after use. Such approach can be employed to a very limited extent on the lands that are not suitable any more for agricultural production.

**Key words:** arable soil; atmospheric  $\text{CO}_2$  sequestration; agricultural technologies; mineral fertilizers; minimization of tillage; soil  $\text{CO}_2$  emission

**How to cite:** Sharkov I.N., Antipina P.V. Some aspects of carbon sequestration capacity of arable soils // *The Journal of Soils and Environment*. 2022. 5(2). e175. DOI: [10.31251/pos.v5i2.175](https://doi.org/10.31251/pos.v5i2.175) (in Russian with English abstract).

## REFERENCES

1. Antipina P.V. Impact minimized treatment of soil on the flow of organic matter and its mineralization in conditions of forest-steppe of West Siberia. In book: Soil resources of Siberia: challenges of the XXI century. Proc. of the Rus. Sci. Conf. (Novosibirsk, 4–8 December, 2017). Tomsk: Publishing House of TSU, 2017, p. 161–165. DOI:10.17223/9785946216456/37. (in Russian)
2. Ganzhara N.F., Borisov B.A., Shevchenko A.V., Derevyagin V.A. Method for determining the content and composition of mobile forms of organic matter in soils, *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 1987, Vol. 1, p. 173–177. (in Russian)
3. Debruck I., Fishback G., Kampe W. *Cereal crops. Actual problems* / Translated from German and preface V.I. Ponomarev. Moscow: Kolos, 1981, 127 p. (in Russian)
4. Ganzhara N.F., Vasiliev V.A. Influence of organic substances on soil properties and yield, *Agrokhimia*, 1985, No. 2, p. 70–74. (in Russian)
5. Ieni G. *Factors of soil formation* / Translated from English. Moscow: IL Publ., 347 p. (in Russian)
6. Kerschens M. Significance of humus content for soil fertility and nitrogen cycle, *Pochvovedenie*, 1992, No. 10, p. 122–131. (in Russian)
7. Kuderyarov V.N. The agrobiogeochemical cycles of carbon and nitrogen of Russian croplands, *Agrokhimia*, 2019, No. 12, p. 3–15. DOI: 10.1134/S000218811912007X. (in Russian)
8. Mamontov V.G., Artemyeva Z.S., Lazarev V.I., Rodionova L.P., Krylov V.A., Ahmetzyanova R.R. Comparative characteristics of the properties of Halpic Chernozem of the Kursk Region of different land use, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2020, Vol. 101, p. 182–201. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-101-182-201. (in Russian)
9. Nikitin B.A. Method of determination of soil humus, *Agrokhimia*, 1999, No. 5, p. 91–93. (in Russian)
10. Orlov D.S. Problem of control and improvement of humus condition of soils, *Scientific reports of higher school. Biological Sciences*, 1981, No. 2, p. 9–20. (in Russian)
11. Ponomareva V.V., Plotnikova T.A. *Humus and soil formation (methods and results of study)*. Leningrad: Nauka Publ., 1980, 222 p. (in Russian)
12. Semenov V.M., Kogut B.M. *Soil organic matter*. Moscow: GEOS Publ., 2015, 233 p. (in Russian)
13. Titlyanova A.A., Kudryashova S.Ya., Kosykh N.P., Shibareva S.V. Biological carbon cycle and its human-induced changes in Southern Siberia, *Eurasian Soil Science*, 2005, Vol. 38, No. 10, p. 1098–1107.
14. Sharkov I.N. Fertilizers and the problem of humus in soil, *Pochvovedenie*, 1987, No. 11, p.70–81. (in Russian)
15. Sharkov I.N. *Mineralization and balance of organic matter in soils of agrocenoses of Western Siberia*, Abstract of Dissertation ... Dr. of Biol. Sci. Novosibirsk, 1997, 37 p. (in Russian)
16. Sharkov I.N. *Absorption method of determining  $\text{CO}_2$  emission from soils*. In book: Methods of research of soil organic matter. Moscow: Rosselkhozakademiya - GNU VNIPTIOU, 2005a, p. 401–407. (in Russian)
17. Sharkov I.N. *The study of mineralization and balance of organic matter in soils of agrocenoses*. In book: Methods of research of organic matter of soils. Moscow: Rosselkhozakademiya - GNU VNIPTIOU, 2005b. p. 359–376. (in Russian)
18. Sharkov I.N. *Minimization of tillage, organic matter stock and mineralization of soil nitrogen*. In book: The role of modern technologies in the sustainable development of agriculture: Mater. Intern. Sci. and Prac. Conf., 2006, p. 305–311. (in Russian)
19. Sharkov I.N. *Soil fertility in the light of modern concepts of soil organic matter*. In book: Agrochemical properties of soils and methods of their regulation. IV Siberian agrochemical Pryanishnikov readings: Mater. Intern. Sci. and Prac. Conf. (Irkutsk, July 16-21, 2007) / Rosselkhozakademiya. Siberian Branch. Novosibirsk, 2009a, p. 60–72. (in Russian)
20. Sharkov I.N. Minimization of soil cultivation and it's influence on fertility, *Zemledelie*, 2009b, No. 3, p. 24–27. (in Russian)
21. Sharkov I.N., Danilova A.A. Effect of different agricultural technologies on soil organic matter content, *Agrokhimia*, 2010, No. 12, p. 72–81. (in Russian)

22. Sharkov I.N., Danilova A.A., Prozorov A.S., Samokhvalova L.M., Bushmeleva T.I., Shepelev A.G. *Reproduction of humus as a component of soil fertility management system: a manual*. SibNIIZhiH. Novosibirsk, 2010. 36 p. (in Russian)
23. Sharkov I.N., Samokhvalova L.M., Mishina P.V. Transformation of soil organic matter in leached Chernozems under minimized treatment in the forest-steppe of West Siberia, *Eurasian Soil Science*, 2016, Vol. 49, No. 7, p. 824–830.
24. Andrews U.B. Application of organic and mineral fertilizers / Translated from English. Moscow: IL Publ., 1959, 399 p. (in Russian)

*Received 29 March 2022*

*Accepted 27 April 2022*

*Published 04 May 2022*

**About the authors:**

**Sharkov Ivan Nikolaevich** – Doctor of Biological Sciences, Head of the Siberian Research Institute of Agriculture and Agricultural Chemization of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia); [humus3@yandex.ru](mailto:humus3@yandex.ru)

**Antipina Polina Viktorovna** – Researcher of the Siberian Research Institute of Agriculture and Agricultural Chemization of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia); [polyshka@cn.ru](mailto:polyshka@cn.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)