

ДИНАМИКА УГЛЕРОДА ПОДВИЖНОГО ГУМУСА В АГРОЧЕРНОЗЕМЕ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ С ПОМОЩЬЮ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

В первый год применения ресурсосберегающих технологий происходит снижение водорастворимого углерода гумуса при нулевой обработке почвы на 44,8 %. На содержание углерода щелочегидролизующего гумуса способ обработки не повлиял, и оно составило 311–317 мг/100 г.

Ключевые слова: запасы углерода в почве, подвижный гумус, агроценозы, агрочернозем, ресурсосберегающие технологии, минимальная обработка почвы, яровая пшеница.

О.А. Vlasenko

THE DYNAMICS OF MOBILE HUMUS CARBON IN AGROCHERNOZEM IN THE SPRING WHEAT CULTIVATION WITH THE USE OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

In the first year of the resource-saving technology application there is a decrease of the water-soluble humus carbon in the zero tillage by 44,8 %. The method of tillage didn't influence the carbon content of the alkaline-hydrolyzed humus and it was 311–317 mg/100 g.

Key words: carbon stocks in the soil, mobile humus, crops, agrocoenosis, agrochernozem, resource-saving technologies, minimum tillage, spring wheat.

Введение. В агропочвах пожнивные и корневые остатки культурных растений являются ближайшим источником пищи для гетеротрофных микроорганизмов и служат основным материалом для процесса разложения, т. е. для минерализации и гумификации. В процесс минерализации могут вовлекаться и гумусовые вещества, особенно при интенсивных обработках и низких запасах мортмассы [3, 11–14, 5]. Минимизация или полное исключение обработок приводит к увеличению запасов растительного вещества в почве, это сопровождается не только увеличением элементов минерального питания, высвобождающихся при разложении мортмассы, но и увеличением количества источников специфических и неспецифических гумусовых веществ, за счет которых воспроизводится стабильная часть гумусовых молекул [10, 9, 15].

Все органические вещества (ОВ) в почве можно разделить на различные компоненты по степени их устойчивости к микробному разложению. С этой точки зрения принято все многообразие органических соединений в почве разделять на две большие группы: легкоминерализуемые и устойчивые органические вещества [6, 14]. К легкоминерализуемой части ОВ почвы мы относим растительные остатки, микробную биомассу и подвижный гумус. Подвижный гумус – это комплекс веществ гумусовой природы, которые легко переходят в растворимую форму, сюда относятся водорастворимые органические соединения. Водорастворимые компоненты представлены неспецифическими (аминокислоты, углеводы, органические кислоты) и специфическими (фульвокислоты) органическими веществами. Щелочерастворимые (в 0,1 н. NaOH) ОВ – это в основном новообразованные гуминовые и фульвокислоты, которые не имеют прочной связи с твердой фазой почвы, они могут одновременно вовлекаться в процессы минерализации и гумифицироваться, обновляя стабильный гумус. Устойчивый (стабильный) гумус представляет инертную часть гумусовых молекул, которые прочно связаны с минеральной частью почвы и слабо подвергаются биодegradации. Подвижные ОВ быстро вовлекаются в динамические процессы, реагируют на изменения внешних условий, поэтому являются одним из индикаторов качества почв и уровня их эффективного плодородия [11, 13–15].

Цель исследований: количественная характеристика содержания, запасов и динамики углерода подвижных гумусовых веществ агрочернозема при возделывании яровой пшеницы в условиях отвальной, минимальной и нулевой обработки почвы.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в 2012 г. на территории Красноярской лесостепи в УНПК «Борский» Красноярского ГАУ в полевом опыте на сорте яровой пшеницы Новосибирская-15. Смешанные образцы почвы отбирали в 4-кратной повторности только на контрольных вариантах (без применения удобрений) с отвальной, минимальной и нулевой обработкой почвы. Предшественник – пшеница, предыдущая обработка – отвальная вспашка. Почвы на участке исследований представлены комплексом агрочерноземов глинисто-иллювиальных (выщелоченных) и агрочерноземов криогенно-мицелярных (обыкновенных) тяжелосуглинистых на карбонатном тяжелом суглинке.

Агрохимические свойства агрочернозема определяли общепринятыми методами [1]. Содержание углерода гумуса в почвенных образцах определяли микрохромовым методом И.В. Тюрина. Углерод водорастворимого ОВ – методом бихроматной окисляемости; углерод щелочерастворимого ОВ и в его составе углерод гуминовых и фульвокислот – в 0,1 н. щелочной вытяжке по И.В. Тюрину в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [1].

Результаты и обсуждение исследований. Изученные агрочерноземы имеют среднемошный и мощный гумусовый горизонт со средним содержанием гумуса 4,7–5,8 %, его распределение по профилю почвы – постепенно убывающее. Емкость катионного обмена в гумусовом горизонте высокая и очень высокая – от 32 до 48 мг-экв/100 г почвы. Реакция среды колеблется от близкой к нейтральной в верхней части профиля до слабощелочной в материнской породе.

Содержание водорастворимого углерода гумуса при отвальной вспашке было самым высоким и составило 67,6 мг/100 г, коэффициент вариации средний – 20,9 %. При нулевой обработке почвы концентрация C_{H_2O} достоверно снизилась и составила 30,3 мг/100 г. При минимальной обработке достоверного снижения или повышения C_{H_2O} по отношению к отвальной вспашке не обнаружено, однако коэффициент вариации данных при отсутствии или минимизации обработки значительный – 42–47 % (табл. 1). Таким образом, при нулевой обработке в первый вегетационный сезон, несмотря на увеличение количества растительных остатков, образование водорастворимых гумусовых веществ в почве незначительное, возможно, это связано со снижением биологической активности агрочернозема, так как почва уплотняется, и поступление кислорода, необходимого гетеротрофным микроорганизмам для разложения, становится затруднительным [7, 8, 13].

Таблица 1

Содержание и пространственное варьирование углерода подвижного гумуса в агрочерноземе

Обработка	Содержание, мг/100 г	Средняя	min	max	Коэффициент вариации, %
1	2	3	4	5	6
Отвальная вспашка	C_{H_2O}	67,6±8,2	52,8	81,0	20,9
	C_{NaOH}	311,3±30,3	259,1	364,2	16,9
	Сгк	167,2±20,0	109,6	287,7	24,3
	Сфк	143,8±19,6	92,4	188,2	35,9
Нулевая	C_{H_2O}	30,3±9,5	25,3	44,3	41,5
	C_{NaOH}	313,1±35,1	246,6	365,4	19,4
	Сгк	186,5±31,8	111,3	296,2	27,3
	Сфк	126,5±23,6	93,6	192,5	36,4

1	2	3	4	5	6
Минимальная	C _{H₂O}	56,1±12,2	40,5	86,4	46,9
	C _{NaOH}	317,6±47,6	222,8	371,5	25,9
	Сгк	204,6±30,7	123,4	267,5	27,4
	Сфк	112,4±29,6	99,8	154,7	36,2
НСР _{0,5}	C _{H₂O}	13,3			
	C _{NaOH}	51,7			
	Сгк	39,7			
	Сфк	40,1			

Достаточно высокое содержание углерода водорастворимого гумуса при отвальной вспашке можно объяснить интенсивным перемешиванием, измельчением и аэрацией пахотного слоя почвы вместе с растительными остатками, что стимулирует деятельность микроорганизмов и приводит к накоплению в почве продуктов трансформации органического вещества [7]. При минимальной обработке, в отличие от вспашки, почва боронится на небольшую глубину, но в нее поступает больше мортмассы, это активизирует деятельность микроорганизмов, и водорастворимые гумусовые вещества формируются также активно, как и при отвальной обработке почвы.

Среднее содержание щелочегидролизуемого углерода гумуса при отвальной, минимальной и нулевой обработке не имело достоверных различий и оказалось в пределах 311–317 мг/100 г, коэффициент пространственной вариации данных был средним (16–26 %). Однако в течение вегетации мы обнаружили существенные различия в динамике подвижного гумуса, в зависимости от применяемой обработки. Как известно, на интенсивность и удельную скорость разложения органического вещества оказывает влияние количество растительного материала, химический состав (отношение C/N) остатков растений, а также температура, влажность и окислительно-восстановительные условия [4, 10]. В данном случае, при возделывании яровой пшеницы с помощью отвальной вспашки, нулевой и минимальной обработки, главными факторами, определяющими процессы трансформации органического вещества, становятся количество растительного опада, наличие доступной влаги и кислорода в почве.

На рисунке 1 представлена динамика содержания углерода подвижного гумуса и в его составе динамика углерода новообразованных гуминовых и фульвокислот в агрочерноземе в течение вегетационного периода 2012 г. Погодные условия этого периода можно охарактеризовать, как более жаркие и засушливые по сравнению со средними многолетними значениями (табл. 2). Меньше всего осадков отмечено в июне и июле, в этот период их количество было всего около 30–35 % от нормы. В связи с этим влажность почвы в июле, когда были исчерпаны запасы влаги зимне-весеннего периода, оказалась ниже 50 % от НВ. Самым влажным был август – выпало 68,2 мм осадков, в этот период их количество превысило среднемноголетнюю норму на 10 %, и ГТК составил 1,5, а влажность почвы оказалась на уровне 70 % от наименьшей влагоемкости. Общее количество влаги за вегетационный период 2012 г. составило 134 мм, что намного ниже среднемноголетних значений, в результате за вегетацию 2012 г. ГТК составил 0,75. Однако следует отметить, что в течение всей вегетации при нулевой технологии обработки в верхнем 20 см слое почвы было больше доступной влаги, чем при отвальной вспашке и минимальной обработке.

Погодные условия и влажность агрочернозема в период вегетации 2012 г.

Параметр	Июнь	Июль	Август
Температура воздуха, °С	19,1	19,8	14,7
Осадки, мм	14,9	27,2	68,2
Влажность почвы, %:			
отвальная обработка	34,5	21,0	31,9
нулевая обработка	34,9	22,2	32,0
минимальная обработка	31,2	19,3	30,0
Влажность почвы, % от НВ:			
отвальная обработка	76,1	47,7	72,5
нулевая обработка	79,3	48,2	72,7
минимальная обработка	70,9	43,9	68,2

Динамика содержания щелочегидролизуемого углерода гумуса в агрочерноземе во многом определяется динамикой содержания углерода новообразованных гуминовых кислот. Содержание углерода фульвокислот в изученных агрочерноземах в течение вегетации достоверно не изменяется и остается на одном уровне при разной обработке почвы. Это объясняется особыми условиями черноземного процесса почвообразования в лесостепной зоне Красноярского края, при которых гумус имеет ярко выраженный гуматный и фульватно-гуматный тип [2]. Эта тенденция, на наш взгляд, сохраняется и для новообразованных гумусовых веществ. Отношение $S_{гк}/S_{фк}$ в подвижном гумусе составляло от 1,3 до 4,4 в течение вегетации, а в среднем при отвальной обработке было 2,1; при нулевой обработке – 2,5; при минимальной обработке – 2,3, что говорит о гуматном типе новообразованного гумуса.

В начале июня содержание щелочегидролизуемого углерода гумуса в почве при отвальной и минимальной обработке было на уровне 230–260 мг/100 г, при нулевой обработке оказалось около 370 мг/100 г.

В конце июня, при значительном снижении осадков и возрастании температуры, происходит увеличение концентрации щелочегидролизуемого углерода гумуса за счет увеличения концентрации гуминовых кислот при отвальной и минимальной обработке почвы, а при нулевой технологии содержание углерода гуминовых кислот остается на прежнем уровне.

В июле при отвальной вспашке и нулевой обработке происходит достоверное снижение содержания подвижного гумуса до 240–170 мг /100 г, при минимальной обработке содержание C_{NaOH} остается на прежнем уровне. С резким увеличением количества осадков, понижением температуры и поступлением в почву опада пшеницы в августе содержание углерода гуминовых кислот в агрочерноземе увеличивается при отвальной вспашке и нулевой обработке, а при минимальной обработке сокращается на 30 %.

Таким образом, при отвальной вспашке и нулевой обработке характер динамики содержания подвижного гумуса схожий, обнаруживаются пики в июне и августе, а в июле содержание углерода новообразованного гумуса снижается. При минимальной обработке содержание щелочегидролизуемого углерода гумуса снижается к августу. Причины этому могут быть разные, при отвальной вспашке снижение концентрации C_{NaOH} может быть вызвано минерализацией новообразованного гумуса, а при нулевой и минимальной обработке – его дальнейшей гумификацией. Применение нулевой и минимальной технологии исключает активное перемешивание гумусного горизонта почвы, в результате уменьшается его аэрация, возможно, это способствовало замедлению биodeградации уже существующих гумусовых веществ и переходу новообразованного гумуса в более инертную и конденсированную форму. Все это могло отразиться на увеличении содержания гумуса в почве в течение вегетации 2012 г. По нашим данным, содержание гумуса при нулевой обработке увеличилось на 0,35 мг/100 г, что составило 7,2 % по отношению к его содержанию при отвальной вспашке. Коэффициент пространственного варьирования гумуса при нулевой обработке достигает 19 %, следовательно, такое увеличение содержания гумуса не достоверно. Для более точного анализа и

выявления закономерностей в динамике содержания гумуса под влиянием способа обработки почвы необходимо не менее 5–10 лет исследований на одном участке.

Исходя из концентрации гумусовых веществ и плотности сложения пахотного слоя [8], мы определили их запасы. Запасы стабильного гумуса в изученном агрочерноземе были 46–51 т/га, или 85–87 % от всего запаса гумусовых веществ в почве (рис. 2).

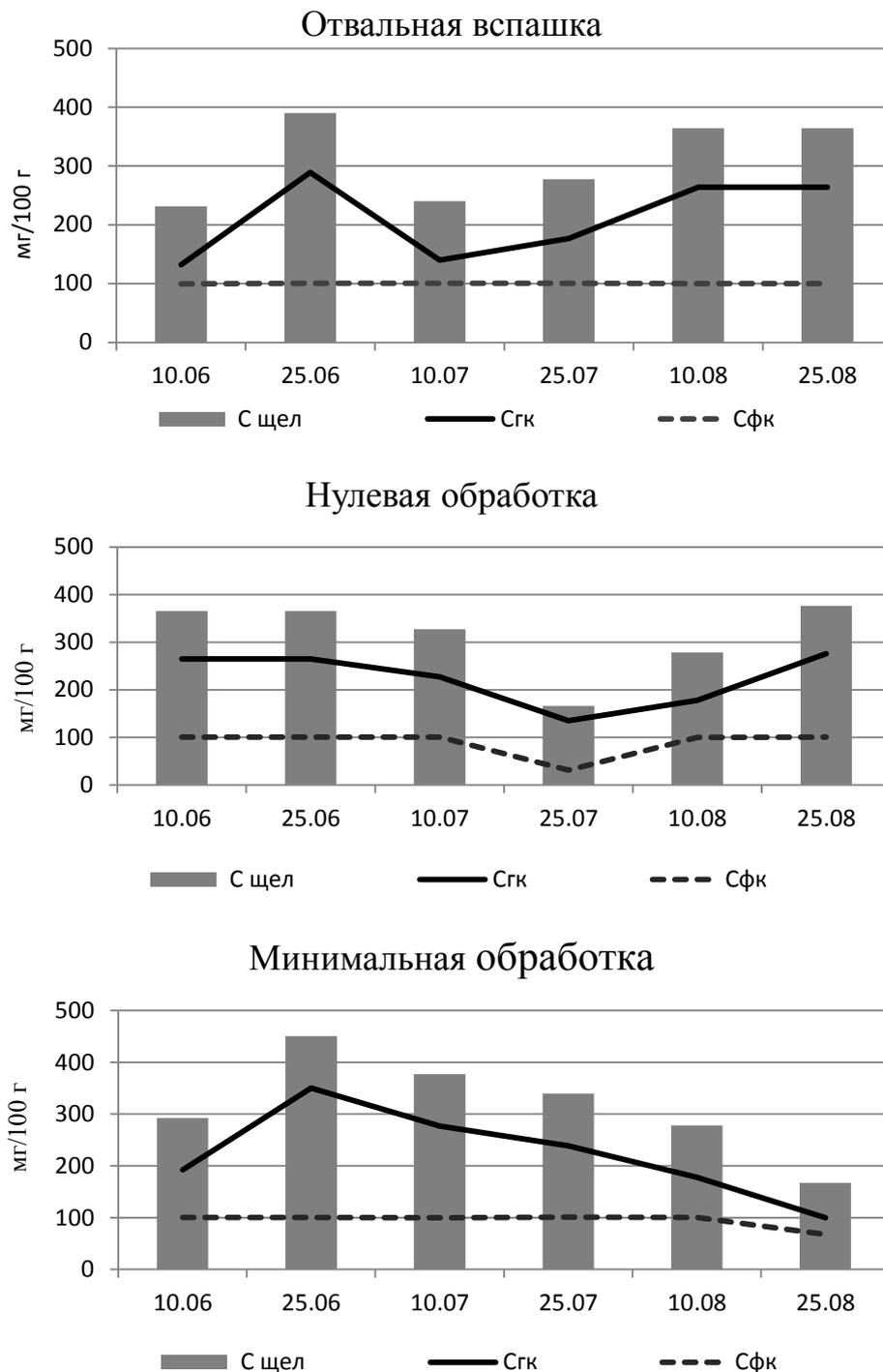


Рисунок 1 – Динамика содержания углерода подвижных компонентов гумуса в агрочерноземе при разных технологиях обработки почвы, мг/100 г: Щел – щелочегидролизующий углерод гумуса; Сгк – углерод новообразованных гуминовых кислот; Сфк – углерод новообразованных фульвокислот

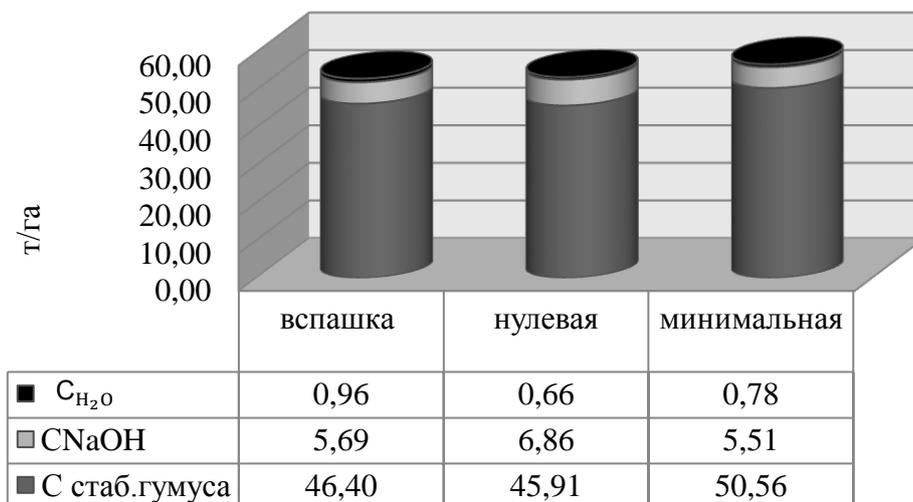


Рисунок 2 – Запасы углерода стабильного и подвижного гумуса в агрочерноземе, т/га: C стаб.гумуса – углерод стабильного гумуса; C_{NaOH} – щелочегидролизуемый углерод гумуса; C_{H₂O} – водорастворимый углерод гумуса

Консервативная и наибольшая часть гумуса не участвует в динамических процессах биологического круговорота, она обеспечивает стабильность почвенных признаков и свойств на протяжении длительного периода. Подвижный гумус постоянно обновляется за счет протекающих в почве процессов минерализации и гумификации, его запас в почве незначительный, но именно он обеспечивает ее отклик на внешние воздействия и формирует часть эффективного плодородия [12, 15]. Запасы водорастворимого гумуса составили от 0,7 до 1 т/га, или 1–2 %, запасы щелочегидролизуемого углерода гумуса оказались 5,5–6,9 т/га, или 11–13 % от всего углерода гумуса.

Выводы:

1. В первый год применения ресурсосберегающих технологий возделывания пшеницы содержание водорастворимого углерода гумуса при нулевой обработке достоверно снизилось на 44,8 % по отношению к отвальной вспашке. Это может быть обусловлено уплотнением пахотного слоя, ухудшением аэрации и снижением биологической активности агрочернозема. При минимальной обработке содержание водорастворимого углерода гумуса было на уровне 50–60 мг/100 г, достоверных изменений по сравнению с отвальной вспашкой не обнаружено.

2. Динамика содержания щелочегидролизуемого углерода гумуса в агрочерноземе во многом определяется динамикой содержания углерода новообразованных гуминовых кислот. Отношение C_{гк}/C_{фк} в подвижном гумусе при отвальной обработке было 2,1; при нулевой обработке – 2,5; при минимальной обработке – 2,3, что говорит о гуматном типе новообразованного гумуса.

3. В варианте с минимальной обработкой динамика содержания щелочегидролизуемого углерода гумуса отличается резким возрастанием в середине июля и постепенным снижением к августу. При нулевой обработке и отвальной вспашке наблюдалось резкое снижение концентрации щелочегидролизуемого углерода гумуса в самый засушливый и жаркий период в июле. Однако среднее содержание C_{NaOH} не имело достоверных различий в зависимости от обработки почвы и составило 311–317 мг/100 г.

4. Запасы подвижных и стабильных компонентов гумусовых веществ не имели существенных различий в зависимости от способа обработки почвы в первый год применения ресурсосберегающих технологий. Запасы углерода подвижного гумуса в агрочерноземе были около 6–7 т/га, или 12–15 % от всего запаса гумуса. Запасы углерода стабильного гумуса преобладали и были около 85–87 %.

Литература

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. *Бугаков П.С., Чупрова В.В.* Агрономическая характеристика почв, земледельческой зоны Красноярского края: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 1995. – 176 с.
3. *Власенко О.А.* Пространственное варьирование и запасы легкоминерализуемого органического вещества в агроэкосистемах Красноярской лесостепи // Почвы Сибири: особенности функционирования, использования и охраны.– 2011. – Вып.4. – С.129–133.
4. Влияние влажности на стабильность органического вещества почв и растительных остатков / *А.С. Тулина, В.М. Семенов, Л.Н. Розанова [и др.]* // Почвоведение. – 2009. – № 11. – С. 1333–1340.
5. Влияние пожнивных остатков на состав органического вещества чернозема выщелоченного в лесостепи Западной Сибири / *И.Н. Шарков, Л.М. Самохвалова, П.В. Мишина [и др.]* // Почвоведение. – 2014. – № 4. – С.473–479.
6. Идентификация лабильного и устойчивого пулов органического вещества в агросерой почве / *А.А. Ларионова, Б.Н. Золотарева, И.В. Евдокимов [и др.]* // Почвоведение. – 2011. – № 6. – С.658–698.
7. *Колесников С.И., Вальков В.Ф.* Биологическая активность чернозема обыкновенного при длительном использовании под пашню // Почвоведение. – 2014. – № 6. – С. 724–733.
8. *Кураченко Н.Л., Лелякова А.А., Ржевская Н.И.* Пространственное варьирование плотности сложения черноземов в условиях ресурсосберегающих технологий//Проблемы современной аграрной науки: мат-лы междунар. заоч. науч. конф. – Красноярск, 2012. – С. 9–11.
9. *Носов Г.И., Крюков И.В.* Современные ресурсосберегающие технологии – важный фактор устойчивости роста АПК // Земледелие. – 2005. – № 3. – С. 14–16.
10. Связывание органического вещества в устойчивую к окислению форму при взаимодействии глинистых минералов с растительными остатками / *К.Г. Гиниятуллин [и др.]* // Почвоведение. – 2010. – № 10. – С. 1249–1264.
11. *Титлянова А.А., Чупрова В.В.* Изменение круговорота углерода в связи с различным использованием земель (на примере Красноярского края) // Почвоведение. – 2003. – № 2. –С. 211–219.
12. *Чупрова В.В.* Минерализуемый пул органического вещества в агрочерноземах юга Средней Сибири // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 9. – С. 83–89.
13. *Чупрова В.В., Белоусов А.А., Едимечев Ю.Ф.* Влияние агрогенных воздействий на трансформацию легкогидролизуемого органического вещества в черноземе Красноярской лесостепи // Сиб. вестн.с.-х. науки. – 2005. – № 1. – С. 3–8.
14. *Чупрова В.В., Люкшина И.В., Белоусов А.А.* Запасы и динамика легкоминерализуемой фракции органического вещества в почвах Средней Сибири // Вестн. КрасГАУ. – 2003. – Вып. 3. – С. 65–73.
15. *Шарков И.Н., Бреус И.П., Данилова А.А.* Роль легкоминерализуемого органического вещества в стабилизации запасов углерода в пахотных почвах // Сибирский экологический журнал. – 1994. – № 4. – С. 363–368.

