

ЭЛЕМЕНТНЫЙ И МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВЫЙ СОСТАВ ЛАБИЛЬНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО КАМЕННОЙ СТЕПИ

В.Г. МАМОНТОВ, Е.Л. СОКОЛОВСКАЯ

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Изучен элементный и молекулярно-массовый состав лабильных гумусовых веществ (ЛГВ) чернозема обыкновенного. Согласно полученным данным, в элементном составе ЛГВ чернозема залежи преобладает водород, на долю которого приходится 46,1 ат. %. Они в основном сформированы плохooкисленными ($\omega = -0,26$) и алифатическими компонентами ($H : C = 1,44$), характеризуются высокой степенью дисперсности и состоят из 5 фракций с молекулярными массами от 280 до 34 500 а.е.м. Длительное использование чернозема в неорошаемой пашне вызывает минерализацию низкомолекулярных и азотсодержащих компонентов ЛГВ. В их состав преимущественно включаются соединения, обогащенные кислородсодержащими и алифатическими группировками, что ведет к увеличению степени окисленности, средневесовой молекулярной массы и уменьшению энергетического потенциала ЛГВ. По сравнению с ЛГВ неорошаемого чернозема, в ЛГВ орошаемых почв увеличивается содержание углерода и азота и уменьшается содержание кислорода, в связи с чем величина отношения $H : C$ снижается с 1,55 до 1,33–1,44, а степень окисленности изменяется от +0,07 до -0,06 – -0,24. Эти изменения обусловлены включением в состав ЛГВ орошаемых почв новообразованных плохooкисленных, обогащенных азотом и циклическими компонентами низко- и среднемолекулярных фракций органических веществ, отсутствующих в составе ЛГВ неорошаемого чернозема, что сопровождается увеличением степени дисперсности и теплоты сгорания ЛГВ. При этом в севообороте с многолетними травами в состав ЛГВ в наибольшей мере включаются соединения, обогащенные азотсодержащими группировками, тогда как высокие дозы минеральных удобрений усиливают минерализацию азота ЛГВ. Наиболее выражена трансформация молекулярно-массового состава ЛГВ под влиянием орошения при возделывании бессменной кукурузы и касается в первую очередь средне- и низкомолекулярных фракций.

Ключевые слова: чернозем обыкновенный, элементный состав, средневесовая молекулярная масса лабильных гумусовых веществ.

Введение

Состояние органического вещества почвы в целом и отдельных его групп и фракций прямо или косвенно влияет на многие свойства и режимы почвы и в значительной мере определяет ее устойчивость к природным и антропогенным воздействиям.

Среди разнообразных компонентов, формирующих органическую часть почвы, особое положение занимают лабильные гумусовые вещества (ЛГВ). Они представ-

ляют собой динамичный, относительно легкотрансформируемый и в тоже время наименее изученный комплекс органических соединений почвы, образующийся при разложении и гумификации органических остатков, корневых выделений, продуктов автолиза и метаболизма почвенной биоты.

В состав ЛГВ входят новообразованные гуминовые и фульвокислоты, аминокислоты, моно- и олигосахара, нуклеиновые кислоты, низкомолекулярные органические кислоты, гуминовые и фульвокислоты, непрочносвязанные с минеральной частью почвы и другие соединения. В отличие от консервативной части органического вещества, почвы ЛГВ принимают непосредственное участие в динамичных почвенных процессах и в формировании эффективного плодородия почв [1, 7, 9, 10]. Входящие в состав ЛГВ компоненты участвуют в образовании водопрочной структуры, проявляют физиологическую активность, служат непосредственным источником элементов питания и энергетическим материалом для почвенной биоты, выполняют защитную функцию по отношению к консервативным, устойчивым гумусовым соединениям почвы [3, 9, 11].

Элементный состав является важнейшей характеристикой любого органического соединения [5, 8]. Однако до настоящего времени элементный состав ЛГВ изучен недостаточно и его характеристике посвящены отдельные работы. В большинстве случаев исследователи ограничиваются определением содержания углерода и азота в ЛГВ или же определяют элементный состав их отдельных компонентов, например, лабильных гуминовых кислот [2, 7, 10]. Между тем исчерпывающее изучение элементного состава ЛГВ позволит расширить и углубить представления не только об этой группе органических соединений почвы, но и о системе органического вещества в целом.

Поэтому детальное изучение ЛГВ, выяснение их состава и свойств имеет важное теоретическое и практическое значение.

Объекты и методы исследования

Объектами наших исследований служили черноземы обыкновенные территории землепользования НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева, расположенного в Таловском районе Воронежской области. Смешанные образцы были отобраны из горизонта А чернозема на участке залежи, существующей с 1882 г., из пахотных горизонтов чернозема неорошаемого 10-польного зерно-паро-пропашного севооборота (деланка с ячменем $N_{60}P_{60}K_{60}$), орошаемого 7-польного кормового севооборота (деланка с многолетними травами 3-го года пользования $N_{120}P_{60}K_{60}$), орошаемых 10-летних бессменных посевов кукурузы на зерно возделываемой с удобрениями ($N_{200}P_{100}K_{100}$) и без внесения удобрений. Свойства исследуемых почв приведены в работе [4]. Для получения препаратов ЛГВ экстрагировали из почвенных образцов с помощью 0,1 н. раствора NaOH без предварительного декальцирования почвы при соотношении почва : раствор – 1 : 20. Очистку вытяжки от коллоидных частиц проводили с помощью центрифугирования и фильтрацией через бактериальные свечи. Для освобождения экстракта органических веществ от катионов-примесей его обрабатывали катионитом КУ- 23 в H^+ -форме, после чего выпаривали при 45°C. Элементный состав определяли на автоматическом СНН-анализаторе, молекулярно-массовый состав с помощью сефадекса G-75, теплоту сгорания и молекулярные массы рассчитывали по эмпирическим формулам [6].

Результаты исследований

По полученным данным в элементном составе ЛГВ чернозема преобладает водород и углерод, меньше всего содержится азота (табл. 1).

**Элементный состав лабильных гумусовых веществ обыкновенных
черноземов Каменной степи (атомные проценты)**

Вариант	C	H	N	O	H:C	O:C	C:N	ω	Теплота сгорания, кал/г
Залежь	32,3	46,1	2,7	18,9	1,43	0,59	12,0	-0,26	3996
Неорошаемый чернозем, зерно-паро-пропашной севооборот	29,2	45,1	2,2	23,5	1,55	0,81	13,3	+0,07	2662
Орошение, кормовой севооборот с многолетними травами	31,0	44,7	2,9	21,4	1,44	0,69	10,7	-0,06	3525
Орошение, бес-сменная кукуруза + N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	33,6	44,6	2,5	19,3	1,33	0,57	13,4	-0,18	3971
Орошение, бес-сменная кукуруза без удобрений	32,6	45,8	2,6	19,0	1,41	0,58	12,5	-0,24	3964

Судя по величине отношения Н : С равной 1,43 и степени окисленности (ω) -0,26 ЛГВ чернозема залежи являются плохо окисленными соединениями, в составе которых преобладают алифатические компоненты. Величина теплоты сгорания равна 3996 кал/г.

Длительное использование чернозема обыкновенного в неорошаемом земледелии оказало заметное влияние на элементный состав лабильных гумусовых веществ. Это проявилось в уменьшении количества углерода, водорода и азота на 3,1, 1,0 и 0,5 ат. % соответственно, тогда как содержание кислорода возросло с 18,9 до 23,5 ат.%. В связи с этим увеличились атомные отношения элементов: Н : С с 1,43 до 1,55, О : С с 0,59 до 0,81, С : N с 12,0 до 13,3. Такой характер трансформации элементного состава свидетельствует об обеднении ЛГВ пахотного неорошаемого чернозема азотсодержащими компонентами и включении в их состав преимущественно алифатических соединений, обогащенных кислородсодержащими группами. В целом трансформация молекул ЛГВ пахотной почвы носит ясно выраженный окислительный характер, о чем можно судить по величине степени окисленности, изменившейся с -0,26 до +0,07. При этом уменьшается энергетический потенциал ЛГВ неорошаемого чернозема, поскольку величина теплоты сгорания существенно ниже, чем у ЛГВ чернозема залежи и равна 2662 кал/г.

По сравнению с ЛГВ неорошаемой почвы ЛГВ орошаемого чернозема в севообороте с многолетними травами содержат меньше кислорода, больше углерода и азота на 2,1, 1,8 и 0,7 ат. % соответственно. Судя по уменьшению величины отношения Н : С до 1,44 и С : N до 10,7, а также изменению степени окисленности с +0,07 до -0,06, трансформация ЛГВ в этом варианте обусловлена включением в их состав недоокисленных соединений, обогащенных циклическими и азотсодержащими структурами. Величина теплоты сгорания увеличилась до 3525 кал/г.

ЛГВ варианта с удобряемой бессменной кукурузой отличаются самым высоким содержанием углерода – 33,1 ат. % и самой низкой величиной отношения Н : С равной 1,33, при этом величина отношения С : N равна 13,4 и является одной из самых высоких. Это свидетельствует о том, что ЛГВ данного варианта в наибольшей мере представлены циклическими структурами, но бедны азотсодержащими группировками. По-видимому, внесение высоких доз минеральных удобрений способствует активизации микробиологической деятельности, вызывающей усиление минерализации алифатических компонентов ЛГВ, обогащенных азотсодержащими группировками. Величина теплоты сгорания равна 3971 кал/г и является одной из самых высоких.

ЛГВ чернозема в варианте с неудобряемой бессменной кукурузой по элементному составу довольно близки к ЛГВ чернозема залежи, включая и величину теплоты сгорания.

Важной характеристикой органических веществ является молекулярная масса, служащая для оценки их почвенно-геохимических функций. От размеров и конфигурации молекул органических соединений зависят их растворимость, способность к миграции, сорбция почвенными минералами, возможность поглощения микроорганизмами и высшими растениями [5].

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ЛГВ чернозема являются полидисперсными соединениями и имеют сложный молекулярно-массовый состав. Судя по гель-хроматограммам, в составе ЛГВ чернозема имеется от 2 до 6 фракций, различающихся содержанием и величиной молекулярных масс. Высокомолекулярные фракции, выходящие со свободным объемом, разрешаются отчетливыми пиками и в некоторых вариантах абсолютно преобладают в составе ЛГВ. Менее отчетливо разрешаются некоторые низко-и среднемолекулярные фракции (рис. 1).

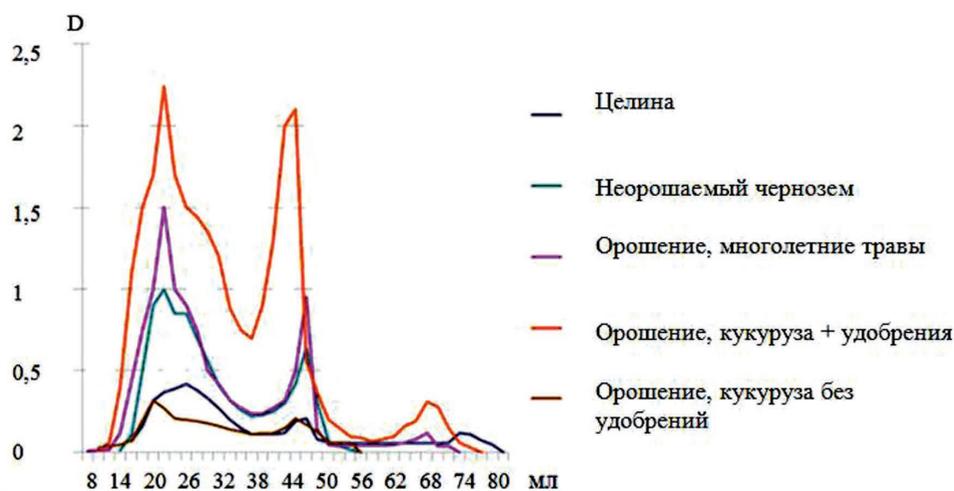


Рис. 1. Гель-хроматограммы лабильных гумусовых веществ

Молекулярные массы фракций ЛГВ и их относительное содержание приведены в таблице 2.

Таблица 2

Молекулярно-массовый состав лабильных гумусовых веществ обыкновенных черноземов Каменной Степи

Вариант	Номер фракции	Молекулярная масса, а.е.м.	Относительное содержание, %	Средневесовая молекулярная масса, а.е.м.
Залежь	I	34 500	62,6	33 360
	II	4 160	16,6	
	III	1 190	7,4	
	IV	500	4,4	
	V	280	9,0	
Неорошаемая почва	I	50 690	73,4	49 350
	II	4 160	26,6	
Орошение, севооборот с многолетними травами	I	50 690	70,5	49 370
	II	4 160	24,0	
	III	1 590	1,6	
	IV	500	3,3	
	V	340	0,6	
Орошение, бессменная кукуруза + N ₂₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	I	50 690	35,5	41 920
	II	28 460	25,5	
	III	5 040	27,1	
	IV	3 430	6,6	
	V	610	1,8	
	VI	410	3,5	
Орошение, бессменная кукуруза без удобрений	I	61 430	31,7	47 630
	II	28 460	34,9	
	III	8 970	7,5	
	IV	5 040	23,0	
	V	2 330	2,9	

ЛГВ чернозема залежи состоят из пяти фракций, среди которых абсолютно преобладает фракция с молекулярной массой 34 500 а.е.м. и относительным содержанием 62,6%. Следующей по значимости является вторая фракция с ММ 4 160 а.е.м. и относительным содержанием 16,6%. На долю каждой из остальных трех фракций с ММ 1 190, 500 и 280 а.е.м. приходится менее 10%. Величина средневесовой молекулярной массы ЛГВ чернозема залежи составила 33 360 а.е.м. Поскольку шкала градаций ЛГВ по молекулярным массам не разработана, то в качестве ориентировочных значений можно принять, что фракции с ММ < 1 000 а.е.м. относятся к низкомолекулярным, 1 000–15 000 – к среднемoleкулярным и с ММ > 15 000 а.е.м. – к высокомолекулярным. Если исходить из этого, то оказывается, что ЛГВ чернозема залежи, имеющие высокую степень дисперсности, преимущественно состоят из высоко- и среднемoleкулярных фракций на долю которых приходится почти 87% от массы вещества, тогда как доля низкомолекулярных фракций составляет всего лишь немногим более 10%.

В составе ЛГВ неорошаемого чернозема, состоящих в отличие от чернозема залежи всего из 2 фракций, абсолютно преобладает высокомолекулярная фракция с ММ 50 690 а.е.м. и относительным содержанием 73,4%. На долю второй среднемoleкулярной фракции с ММ 4 160 а.е.м. приходится 26,6%. Средневесовая ММ ЛГВ пахотного неорошаемого чернозема выше, чем у чернозема залежи и равна 49 350 а.е.м.

По молекулярно-массовому составу ЛГВ чернозема орошаемого севооборота с многолетними травами с одной стороны очень похожи на ЛГВ неорошаемого чернозема. Это проявляется в том, что в их составе абсолютно преобладает высокомолекулярная фракция с ММ 50 690 и относительным содержанием 70,5%, а второй по значимости является среднемолекулярная фракция II с ММ 4 160 а.е.м. и относительным содержанием 24,0%. С другой стороны, наряду с этими фракциями, определяющими особенности молекулярно-массового состава ЛГВ чернозема орошаемого севооборота с многолетними травами, в их составе присутствуют и новые фракции с ММ 1 590, 500 и 340 а.е.м. и относительным содержанием 1,6, 3,3 и 0,6% соответственно. Хотя эти новые фракции и присутствуют в составе ЛГВ по существу в виде примеси их наличие, по-видимому, является следствием изменения особенностей процесса гумусообразования в условиях орошения отражающихся на особенностях молекулярно-массового состава ЛГВ. Величина средневесовой ММ ЛГВ равна 49 370 а.е.м.

В варианте с орошаемой бессменной кукурузой + $N_{200}P_{100}K_{100}$ ЛГВ характеризуются самой высокой степенью дисперсности и состоят из 6 фракций. В их составе преобладает первая фракция с ММ 50 690 а.е.м., относительное содержание которой составило 35,5%. На долю второй фракции с ММ 28 460 а.е.м. приходится 25,5%. Всего вклад высокомолекулярных фракций в состав ЛГВ чернозема составил 61%. Следующей по значимости в составе ЛГВ является среднемолекулярная третья фракция, имеющая ММ 5 040 а.е.м. и относительное содержание 27,1%. Средний размер молекул имеет и 4 фракция, ММ которой составила 3 430 а.е.м., а относительное содержание – 6,6%. Всего на долю среднемолекулярных фракций приходится 33,7%. В очень незначительных количествах в составе ЛГВ этого варианта содержатся низкомолекулярные фракции с ММ 610 и 410 а.е.м. и общим относительным содержанием около 5%. Величина средневесовой ММ ЛГВ чернозема варианта с орошаемой бессменной кукурузой + $N_{200}P_{100}K_{100}$ несколько меньше, чем ЛГВ других пахотных почв и равна 41 920 а.е.м.

ЛГВ чернозема варианта с бессменной кукурузой, возделываемой без удобрений состоят из 5 фракций, молекулярные массы которых в большинстве случаев отличаются от ММ ЛГВ других вариантов. Характерной особенностью их молекулярно-массового состава как и ЛГВ неорошаемого чернозема является то, что они состоят только из высоко- и среднемолекулярных фракций. Преобладают в составе ЛГВ высокомолекулярные фракции представленные фракциями с ММ 61 430 и 28 460 а.е.м. и относительным содержанием 31,7 и 34,9% соответственно. Всего на долю высокомолекулярных фракций приходится 66,6% от массы ЛГВ. Среди среднемолекулярных фракций преобладает фракция с ММ 5 040 а.е.м. и относительным содержанием 23,0%. На долю третьей и пятой фракций с ММ 8 970 и 2 330 а.е.м. приходится 7,5 и 2,9% соответственно. Отсутствие в составе ЛГВ данного варианта низкомолекулярных фракций может быть обусловлено тем, что при длительном возделывании бессменной неудо-бряемой кукурузы в условиях орошения и дефицита элементов минерального питания происходит активная утилизация микрофлорой низкомолекулярных органических соединений. Средневесовая ММ ЛГВ чернозема с орошаемой бессменной кукурузой, возделываемой без удобрений составила 47 630 а.е.м.

Заключение

Лабильные гумусовые вещества чернозема обыкновенного с естественным протеканием почвообразовательного процесса относятся к слабовосстановленным соединениям, в составе которых преобладают алифатические компоненты. Они харак-

теризуются высокой степенью дисперсности и состоят из 5 фракций с ММ 280, 500, 1 190, 4 160 и 34 500 а.е.м. При длительном сельскохозяйственном использовании чернозема в неорошаемом земледелии в связи с ежегодными обработками усиливаются окислительные процессы трансформации органического вещества почвы. В результате этого происходит минерализация низкомолекулярных азотсодержащих органических соединений и уменьшается степень дисперсности ЛГВ, в состав которых входят только средне- и высокомолекулярные фракции, обогащенные кислородсодержащими и алифатическими группировками. Это ведет к увеличению степени окисленности и средневесовой молекулярной массы ЛГВ и уменьшению их энергетического потенциала. Вовлечение старопашотного чернозема в орошаемое земледелие обуславливает изменение условий гумусообразования, что отражается на составе и свойствах лабильных гумусовых веществ. По сравнению с ЛГВ неорошаемого чернозема, в ЛГВ орошаемых почв на 1,8–4,4 ат. % увеличивается содержание углерода, на 0,3–0,7 ат. % содержание азота, тогда как содержание кислорода снижается на 2,1–4,5 ат. %. Судя по изменению величины отношения Н : С с 1,55 до 1,33–1,44 и степени окисленности с + 0,07 до -0,06 – -0,24, ЛГВ в условиях орошения обогащаются плохоокисленными компонентами, содержащими циклические структуры, что сопровождается увеличением теплоты сгорания. Изменения ЛГВ в орошаемых условиях обусловлены включением в их состав новых низко- и среднемолекулярных фракций органических веществ, отсутствующих в составе ЛГВ залежного и неорошаемого чернозема. При этом в севообороте с многолетними травами в состав ЛГВ в наибольшей мере включаются соединения, обогащенные азотсодержащими группировками, тогда как высокие дозы минеральных удобрений усиливают минерализацию азота алифатических компонентов ЛГВ. Дефицит элементов минерального питания в условиях орошения влечет за собой активную минерализацию низкомолекулярных фракций ЛГВ, что отчетливо проявилось при бессменном возделывании кукурузы.

Библиографический список

1. *Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С. и др.* Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. М.: МСХА, 1993. 99 с.
2. *Козут Б.М., Масютенко Н.П.* Элементный состав лабильных гуминовых кислот черноземов // Почвоведение. 1991. № 1. С. 91–94.
3. *Козут Б.М., Сысуев С.А., Холодов В.А.* Водопрочность и лабильные гумусовые вещества типичного чернозема при разном землепользовании // Почвоведение. 2012. № 5. С. 555–561.
4. *Мамонтов В.Г.* Орошаемые черноземы и каштановые почвы: состав, свойства и процессы трансформации. М.: РГАУ-МСХА, 2013. 290 с.
5. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: МГУ, 1990. 325 с.
6. *Орлов Д.С., Гришина Л.А.* Практикум по химии гумуса. М.: МГУ, 1981. 272 с.
7. *Семенов В.М., Козут Б.М.* Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.
8. *Черников В.А.* Методы структурной диагностики органического вещества почв // Методы исследований органического вещества почв. М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. С. 135–147.
8. *Don A., Kalbitz K.* Amounts and degradability of dissolved organic carbon from foliar litter at different decomposition stages // Soil Biology and Biochemistry. 2005. V. 37. P. 2171–2179.

9. Kalbitz K., Schmerwitz J., Schwesig D., Matzner E. Biodegradation of soil-derived dissolved organic matter as related to its properties // *Geoderma*. 2003. V. 113. № 3–4. P. 273–291.

10. Wander M. Soil organic matter fractions and their relevance to soil function // *Soil organic matter in sustainable agriculture*. 2004. P. 67–102.

ELEMENTAL AND MOLECULAR MASS COMPOSITION OF LABILE HUMUS SUBSTANCES OF ORDINARY CHERNOZEM

V.G. MAMONTOV, E.L. SOKOLOVSKAYA

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

The paper presents the study results of the elemental and molecular weight composition of labile humic substances (LHS) in ordinary chernozem. According to the data obtained, hydrogen in the amount of 46.1 at.% prevails in LHS elemental composition of lode chernozem. The soil is formed mainly of poorly oxygenated ($\omega = -0,26$) and aliphatic components ($H : C = 1,44$), it is characterized with a high degree of dispersion and is composed of 5 fractions with molecular weights from 280 to 34,500 atomic mass units (a.m.u.). Long-term use of chernozem in non-irrigated arable land causes the mineralization of low molecular weight and nitrogen-containing components of labile humic substances. The soil composition includes mainly compounds that are enriched with oxygen-containing and aliphatic groups. This leads to increasing the degree of oxidation, average molecular weight and reducing the energy potential value of LHS. As compared to LHS of non-irrigated soils, the LHS of irrigated soils features the increased carbon and nitrogen content, while the oxygen content is reduced. In this regard, the ratio of $H : C$ is reduced from 1.55 to 1,33-1,44, and the degree of oxidation level from +0.07 to -0.06 – -0.24. These changes are caused by newly formed low and average molecular fractions of organic matter that are poorly oxygenated and enriched with nitrogen and cyclical components included in the labile humic substances of irrigated soils, which are absent in the labile humic substances of non-irrigated chernozem. This process is accompanied by an increase in the degree of dispersion and the calorific value of substance. At the same time, in case of rotation with perennial grasses, LHS acquires a large amount of compounds enriched with nitrogen-containing groups, while high application rates of mineral fertilizers increase the nitrogen mineralization of LHS. The most obvious transformation of the molecular weight of LHS composition is under the influence of irrigation in the cultivation of permanent corn and this relates primarily to average - and low molecular weight fractions.

Key words: ordinary chernozem, elemental composition, average molecular weight of labile humus substances.

References

1. Kiryushin V.I., Ganzhara N.F., Kaurichev I.S. et al. Kontseptsiya optimizatsii rezhima organicheskogo veshchestva pochv v agrolandschaftakh [The concept of optimizing the content of organic matter in agrolandscape soils]. M.: MSKhA, 1993. 99 p.

2. Kogut B.M., Masyutenko N.P. Elementnyy sostav labil'nykh guminovykh kislot chernozemov [Elemental composition of labile humic acids of chernozems] // *Pochvovedeniye*. 1991. No. 1. P. 91–94.

3. Kogut B.M., Sysuyev S.A., Kholodov V.A. Vodoprochnost' i labil'nyye gumusovyie

veshchestva tipichnogo chernozema pri raznom zemlepol'zovanii [Water resistance and labile humus substances of typical chernozem under different land uses] // Pochvovedeniye. 2012. No. 5. P. 555–561.

4. *Mamontov V.G.* Oroshayemyye chernozemy i kashtanovyye pochvy: sostav, svoystva i protsessy transformatsii [Irrigated chernozems and chestnut soils: composition, properties and processes of transformation]. M.: RGAU-MSKhA, 2013. 290 p.

5. *Orlov D.S.* Gumusovyie kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii [Humus acids of soils and the general theory of humification]. M.: MGU, 1990. 325 p.

6. *Orlov D.S., Grishina L.A.* Praktikum po khimii gumusa [Workshop on the chemistry of humus]. M.: MGU, 1981. 272 p.

7. *Semenov V.M., Kogut B.M.* Pochvennoye organicheskoye veshchestvo [Soil organic matter]. M.: GEOS, 2015. 233 p.

8. *Chernikov V.A.* Metody strukturnoy diagnostiki organicheskogo veshchestva pochv [Methods of structural diagnostics of soil organic matter] // Metody issledovaniy organicheskogo veshchestva pochv. M.: Rossel'khozakademiya – GNU VNIPTIOU, 2005. P. 135–147.

Мамонтов Владимир Григорьевич – д. б. н., проф. кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (125550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-08-97; e-mail: mschapochv@mail.ru).

Соколовская Екатерина Леонидовна – бакалавр факультета почвоведения, агрохимии и экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (125550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (915) 404-55-59; e-mail: katerinasokol1313@yandex.ru).

Vladimir G. Mamontov – DSc (Bio), Professor, the Department of Soils Science, Geology and Landscape Science, Russian Timiryazev State Agrarian University (125550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7 (499) 976-08-97; e-mail: mschapochv@mail.ru).

Yekaterina L. Sokolovskaya – a BSc student, the Faculty of Soil Science, Agrochemistry and Ecology, Russian Timiryazev State Agrarian University (125550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: +7 (915) 404-55-59; e-mail: katerinasokol1313@yandex.ru).