

УДК 631.417

МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ГОРОДСКИХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ САО Г. МОСКВЫ)

**© 2019 г. А. И. Филатова, В. Г. Мамонтов,
П. Ю. Панова***

*РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия,
127550, Москва, Тимирязевская ул., 49,
e-mail: soillab@rgau-msha.ru

*Поступила в редакцию 31.10.2018, после доработки 08.11.2018,
принята к публикации 28.05.2019*

В статье приводятся результаты исследований и сравнительная характеристика гуминовых кислот дерново-подзолистой почвы Лесной опытной дачи (ЛОД) РГАУ–МСХА и урбаноземов Тимирязевского района г. Москвы. Гуминовые кислоты зональной дерново-подзолистой почвы заповедной территории ЛОД включают четыре фракции с различными молекулярными массами (ММ): 1-я фракция – $ММ \geq 23\,440$ а.е.м., 2-я – $13\,340$ а.е.м., 3-я – $5\,500$ а.е.м. и 4-я – $2\,460$ а.е.м. Доминирует среди них фракция с молекулярной массой $5\,500$ а.е.м. и относительным содержанием 38 %, причем на долю низкомолекулярных фракций ($< 20\,000$ а.е.м.) приходится 70 % от общей массы гуминовых кислот. Если примерная средневесовая молекулярная масса гуминовых кислот в целом равна $17\,530$ а.е.м., то средневесовая молекулярная масса низкомолекулярных фракций составила $9\,960$ а.е.м. Гуминовые кислоты урбаноземов отличаются молекулярно-массовым составом от гуминовых кислот дерново-подзолистой почвы. В большинстве случаев они состоят из пяти-шести, реже из трех фракций с молекулярными массами от $1\,780$ до $\geq 23\,440$ а.е.м. При этом на долю их средне- и высокомолекулярных фракций приходится от 31–37 % до 47–50 % от общей массы гуминовых кислот. Характерной особенностью гуминовых кислот урбаноземов также является присутствие в их составе низкомолекулярных фракций с молекулярными массами, отсутствующими в гуминовых кислотах дерново-подзолистой почвы. Гуминовые кислоты урбаноземов имеют более высокие примерные средневесовые молекулярные массы, варьирующие в пределах $17\,680$ – $19\,980$ а.е.м., а также более высокие средневесовые молекулярные массы низкомолекулярных фракций которые изменяются от $10\,680$ до $13\,650$ а.е.м.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, урбанозем, гуминовые кислоты, молекулярная масса, средневесовая молекулярная масса.

DOI: 10.19047/0136-1694-2019-97-113-128

ВВЕДЕНИЕ

При изучении органического вещества почвы широкое применение получил метод гель-хроматографии, зарекомендовавший себя как надежный и быстрый способ фракционирования и определения молекулярных масс гумусовых веществ при изучении процессов их формирования, миграции и трансформации. С его помощью получен значительный объем ценной научной информации об особенностях органического вещества различных почв. В частности, надежно установлена полидисперсность гумусовых кислот, т.е. присутствие среди них молекул с разными молекулярными массами ([Khan, Friesen, 1972](#); [Goh, Williams, 1979](#); [Александрова, 1980](#); [Орлов, 1990](#); [Piccolo, Conte, 2000](#)), причем молекулярные массы (ММ) гуминовых кислот (ГК) варьируют в весьма широких пределах ([Tan, Giddens, 1972](#); [Колесников, 1978](#); [Орлов, 1990](#); [Попов, 2004](#)), а сами фракции различаются между собой составом и свойствами.

Показано, что с уменьшением ММ в ГК снижается содержание Н и N, возрастают количество О, карбоксильных групп, степень окисленности и доля циклических структур в их составе ([Swift, Posner, 1972](#); [Tan, Giddens, 1972](#); [Александрова, 1980](#); [Goh, Williams, 1982](#); [Лиштван и др., 2012](#)). Уменьшение молекулярной массы ГК сопровождается увеличением их возраста ([Чичагова, Тарасова, 1992](#)) и концентрации парамагнитных центров ([Стригуцкий и др., 1992](#)). Высокомолекулярные фракции ГК обогащены жирными кислотами, полисахаридами и полипептидами, в них значительно ниже концентрация фотосенсибилизирующих хромофоров в связи с чем меньше интенсивность поглощения в УФ и видимой частях спектра ([Ришар и др., 2008](#)).

Эти и другие материалы ([Околелова, Барановская, 1987](#); [Мамонтов и др., 2009](#); [Карпухин и др., 2010](#)) позволили значительно расширить представления о формировании и функционировании органической части почв и особенностях ее трансформации под влиянием природных и антропогенных факторов. Однако

получены они при изучении целинных почв и почв агроценозов, в то время как сведения об особенностях молекулярно-массового состава ГК городских почв практически отсутствуют. В то же время такая информация, безусловно, необходима для получения объективных и целостных представлений об особенностях органического вещества урбаноземов как важнейшего фактора, обуславливающего их стабильное состояние и эффективное функционирование.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами наших исследований служили почвы городских ценозов Северного административного округа г. Москвы: дерново-подзолистая почва Лесной опытной дачи (ЛОД), урбаноземы парка Дубки, газонов Тимирязевской улицы, междомовой территории по Тимирязевской улице (МДТ), Коптевского бульвара, сквера на Большой Академической улице.

Ранее было установлено, что урбаноземы заметно отличаются от зональной дерново-подзолистой почвы не только лабильными, динамичными свойствами, но и фундаментальными, относительно стабильными показателями. В отличие от кислой, ненасыщенной основаниями дерново-подзолистой почвы урбаноземы характеризуются нейтральной или слабощелочной реакцией среды, более высоким содержанием гумуса, обменных Са и Mg и более широким отношением Са : Mg в гумусовом слое, наличием свободных карбонатов, их профиль может быть не дифференцирован по гранулометрическому и валовому составу. По сравнению с зональной дерново-подзолистой почвой урбаноземы содержат меньше валовых SiO₂, TiO₂ и часто Na₂O, больше Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO ([Мамонтов и др., 2016](#)).

Для получения препаратов гуминовые кислоты экстрагировали 0.1 н. раствором NaOH до предельного извлечения после предварительного декальцинирования почвы по общепринятой методике ([Орлов, Гришина, 1981](#)). Для фракционирования ГК использовали сефадекс G-50. Концентрация ГК, наносимых на колонку, составляла 4 мг/мл, растворителем служил 0.1 н. раствор NaOH, элюентом – 0.015 М фосфатный буфер с pH 7.5, отбор проб проводили через 2 мл, оптическую плотность измеряли на КФК-3-

01 при длине волны 315 нм. Для определения свободного объема использовали голубой декстран, ММ фракций ГК находили по эмпирической формуле ([Остерман, 1985](#)).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фракционирование ГК исследуемых почв на сефадексе G-50 позволило выявить неоднородность их молекулярно массового состава (рис. 1).

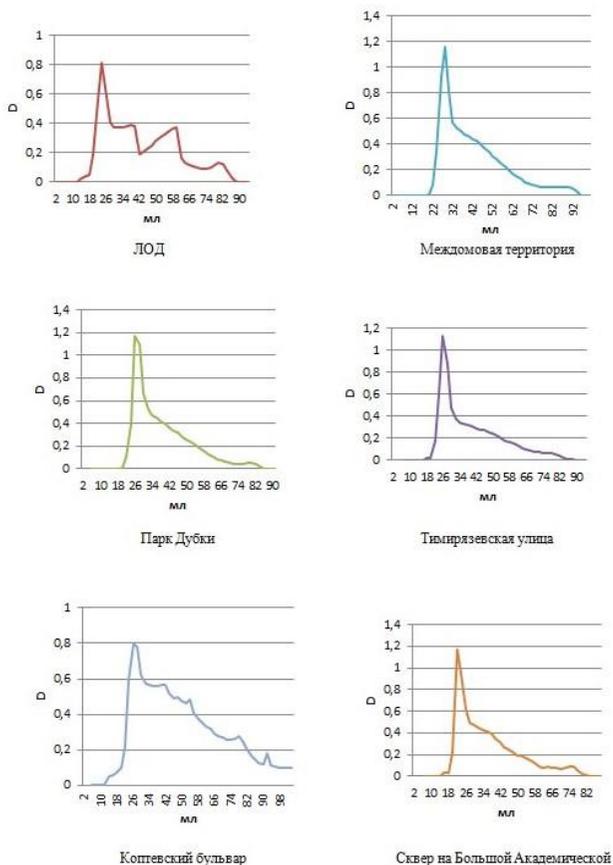


Рис. 1. Гель-хроматограммы ГК городских почв.
Fig. 1. Gel-filtration chromatograms of humic acids in urban soils.

На гель-хроматограмме ГК дерново-подзолистой почвы отчетливо выделяются четыре фракции, расположенные в областях разных ММ, на гель-хроматограмме ГК урбанизема Коптевского бульвара присутствует шесть фракций. На гель-хроматограммах ГК остальных урбаниземов более или менее ясно обособились 1-я и последняя фракции в областях высоких и низких ММ, а между ними располагается обширная область, отнесенная к фракции 2, где отчетливого разделения на фракции не произошло. Элюенты, относящиеся к этой области гель-хроматограмм, были собраны, упарены, каждый до объема 2 мл, и заново пропущены через колонку с гелем. В результате этого ГК некоторых урбаниземов удалось разделить еще на ряд фракций (рис. 2).

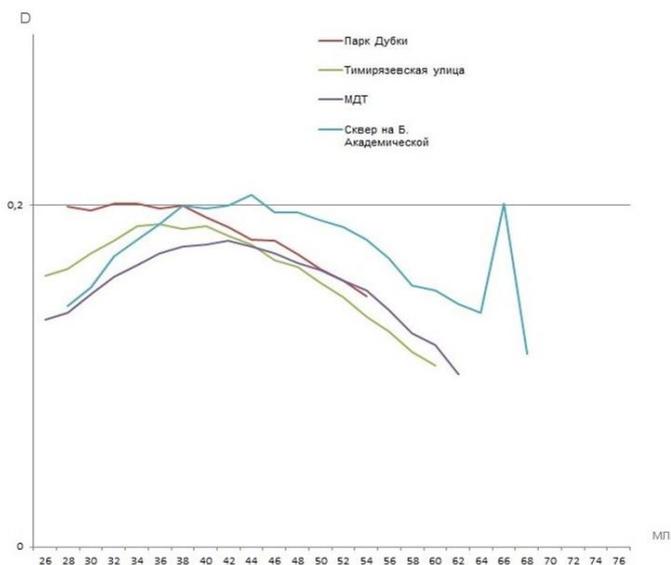


Рис. 2. Гель-хроматограммы 2-й фракции ГК урбаниземов.

Fig. 2. Gel-filtration chromatograms of the 2nd fraction of humic acids in urban soils.

В составе ГК урбаниземов парка Дубки и газона Тимирязевской улицы обнаружилось по три фракции, а в составе ГК урбанизема сквера на Большой Академической улице – четыре фракции, тогда как ГК урбанизема МДТ на фракции не разделились.

Результаты по оценке молекулярно-массового состава ГК исследуемых почв представлены в таблице 1.

Таблица 1. Молекулярно-массовый состав гуминовых кислот городских почв

Table 1. Molecular weight composition of humic acids in urban soils

Объект, почва	Номер фракции	ММ фракции, а.е.м.	Относительное содержание фракции, %	Примерная средневесовая ММ ГК, а.е.м.	Средневесовая ММ низкомолекулярных фракций, а.е.м.
ЛОД, дерново-подзолистая почва	1	≥ 23 440	30	17 530	9 960
	2	13 340	24		
	3	5 500	38		
	4	2 460	8		
МДТ по Тимирязевской улице, урбанозем	1	≥ 23 440	40	18 500	11 200
	2	11 350	55		
	3	2 090	5		
Парк Дубки, урбанозем	1	≥ 23 440	50	19 980	13 650
	2	16 980	14		
	3	13 340	17		
	4	9 660	18		
	5	2 880	1		
Тимирязевская улица, урбанозем	1	≥ 23 440	47	19 560	12 890
	2	14 450	18		
	3	12 300	29		
	4	4 320	2		
	5	3 390	4		
Коптевский бульвар, урбанозем	1	≥ 23 440	31	17 680	10 990
	2	14 450	19		
	3	10 470	10		
	4	8 220	25		
	5	3 130	10		
	6	1 780	5		

Сквер на Большой Ака- демической улице, урбанозем	1	$\geq 23\ 440$	37	18 150	10 680
	2	13 340	18		
	3	10 470	12		
	4	8 910	24		
	5	4 320	5		
	6	3 390	4		

В большинстве случаев ГК почв каждого из изученных объектов характеризуются своими особенностями молекулярно-массового состава, проявляющимися в разной степени дисперсности, величинах ММ отдельных фракций и их относительном содержании.

Согласно полученным данным ГК зональной дерново-подзолистой почвы Лесной опытной дачи, сформировавшейся под смешанным древостоем, состоят из четырех фракций, различающихся между собой ММ и их относительным содержанием. Преобладает в составе ГК фракция 3 с ММ 5 500 а.е.м., относительное содержание которой составило 38 %. Следующей по значимости вклада в общую массу ГК является выходящая со свободным объемом фракция 1 с ММ $\geq 23\ 440$ а.е.м. при относительном содержании 30 %. В количественном отношении к ней близка фракция 2, имеющая ММ 13 330 а.е.м., на долю которой приходится 24 %. В очень незначительном количестве – 8 % в составе ГК дерново-подзолистой почвы обнаруживается фракция 4 с ММ 2 460 а.е.м.

Считается ([Орлов, 1990](#)), что основная масса молекул ГК имеет средние размеры молекул, лежащие в пределах 20 000 – 80 000 а.е.м. Если исходить из этих данных ГК дерново-подзолистой почвы городского лесного ценоза, испытывающего сравнительно незначительную антропогенную нагрузку, характеризуются относительно невысокой степенью дисперсности. Представлены они в основном низкомолекулярными фракциями (< 20 000 а.е.м.), на долю которых приходится 70 % от массы ГК, а примерная средневесовая ММ ГК составила 17 530 а.е.м., тогда как средневесовая ММ низкомолекулярных фракций – 9 960 а.е.м.

ГК урбаноземов различных городских ценозов характеризуются иным молекулярно-массовым составом, нежели распространенные на территории Лесной опытной дачи дерново-

подзолистые почвы. Различия касаются как степени дисперсности ГК, так и величин молекулярных масс и относительного содержания отдельных фракций.

ГК МДТ состоят всего из трех фракций. Преобладает среди них фракция 2 с ММ 11 350 а.е.м. и относительным содержанием 55 %. Самое низкое содержание – 5 % присуще фракции 3 с ММ 2 090 а.е.м. Фракция 1 с ММ $\geq 23\,440$ а.е.м содержится в количестве 40 %.

В целом ГК МДТ заметно отличаются от ГК дерново-подзолистой почвы. Они менее дисперсны, и в их составе доминирует фракция, отсутствующая среди фракций ГК дерново-подзолистой почвы. Кроме того, они содержат на 10 % меньше низкомолекулярных фракций и имеют более высокую примерную средневесовую ММ равную 18 500 а.е.м., выше и средневесовая ММ их низкомолекулярных фракций – 11 200 а.е.м.

ГК урбаноземов парка Дубки и газона Тимирязевской улицы состоят из пяти фракций. Кроме одинаковой степени дисперсности их молекулярно-массовый состав имеет еще ряд сходных черт. В первую очередь следует отметить высокое содержание (47–50 %) выходящей со свободным объемом фракции 1 с ММ $\geq 23\,440$ а.е.м. Наряду с этим они включают имеющую довольно близкий размер молекул (2 880–3 390 а.е.м.) низкомолекулярную фракцию 5, содержащуюся в очень маленьком количестве (1–4 %). Наконец, они имеют довольно близкую примерную средневесовую ММ (19 560–19 980 а.е.м.) и одинаковое общее содержание низкомолекулярных фракций (50–53 %).

Различаются между собой ГК урбаноземов парка Дубки и газона Тимирязевской улицы абсолютными значениями ММ фракций 2, 3 и 4. Среди них нет фракций одинакового размера, различен и характер вклада отдельных фракций в общую массу ГК.

Наряду с низкомолекулярной фракцией 5 в состав ГК урбанозема парка Дубки входят еще три низкомолекулярные фракции с ММ 16 980, 13 340 и 9 660 а.е.м., причем их относительное содержание практически одинаковое и составило 14 %, 17 % и 18 % соответственно. Средневесовая ММ всех низкомолекулярных фракций равна 13 650 а.е.м.

Содержание низкомолекулярных фракций в составе ГК урбанозема газона Тимирязевской улицы более контрастно. Среди них явно доминирует фракция 3 с ММ 12 300 а.е.м. и относительным содержанием 29 %. В очень небольшом количестве (2 %) присутствует фракция 4 с ММ 4 320 а.е.м., на долю фракции 2 с ММ 14 450 а.е.м. приходится 18 %, средневесовая ММ равна 12 890 а.е.м.

По сравнению с ГК дерново-подзолистой почвы ГК урбаноземов парка Дубки и газона Тимирязевской улицы являются более дисперсными соединениями, что связано с присутствием в них низкомолекулярных фракций, отсутствующих в составе ГК дерново-подзолистой почвы, однако при этом вклад всех низкомолекулярных фракций в общую массу ГК урбаноземов меньше. В связи с этим по сравнению с ГК дерново-подзолистой почвы они имеют более высокую примерную средневесовую ММ и средневесовую ММ низкомолекулярных фракций.

Самыми дисперсными являются ГК урбаноземов Коптевского бульвара и сквера на Большой Академической улице, состоящие из 6 фракций и имеющие довольно похожий молекулярно-массовый состав, что проявляется в близких величинах ММ и содержании основных его фракций. Самое высокое содержание, составляющее 31–31 %, присуще выходящей со свободным объемом фракции 1 с ММ $\geq 23\,440$ а.е.м. Следующей по значимости является фракция 4, имеющая ММ 8 220–8 910 а.е.м. и относительное содержание 24–25 %. Сюда же относится и фракция 3, которая в обоих случаях имеет ММ 10 470 а.е.м. и относительное содержание 10–12 %. Всего на долю этих трех фракций приходится 66–71 % от общей массы ГК, поэтому они преимущественно и определяют особенности их молекулярно-массового состава и величины средневесовых ММ, которые также довольно близки между собой. У ГК урбанозема Коптевского бульвара примерная средневесовая ММ составила 17 680 а.е.м., а низкомолекулярных фракций – 10 990 а.е.м., у ГК урбанозема сквера на Большой Академической улице – 18 150 а.е.м. и 10 680 а.е.м. соответственно.

Различия между ГК этих почв обусловлены величинами ММ и относительным содержанием фракций 2, 5 и 6. У ГК урбанозема Коптевского бульвара величина ММ фракции 2 составила 14 450

а.е.м, при относительном содержании 19 %, у ГК урбанозема сквера на Большой Академической улице ММ фракции 2 меньше – 13 340 а.е.м., хотя содержание такое же. Различаются между собой и наиболее низкомолекулярные фракции 5 и 6. У ГК урбанозема Коптевского бульвара эти фракции имеют ММ 3 130 и 1 780 а.е.м., при относительном содержании 10 % и 5 %, тогда как у ГК урбанозема сквера на Большой Академической улице – 4 320 и 3 390 а.е.м. и 5 % и 4 % соответственно.

В целом ГК урбаноземов Коптевского бульвара и сквера на Большой Академической улице, как и ГК дерново-подзолистой почвы состоят преимущественно из низкомолекулярных фракций, однако являются более дисперсными соединениями с более высокой средневесовой ММ. Сформированы они фракциями, отсутствующими в составе ГК дерново-подзолистой почвы, за исключением ГК урбанозема сквера на Большой Академической улице, которые, как и ГК дерново-подзолистой почвы, содержат фракцию с ММ 13 340 а.е.м., причем примерно в таком же количестве.

Таким образом, ГК урбаноземов характеризуются иным молекулярно-массовым составом, нежели ГК малоизмененной под влиянием человеческой деятельности зональной дерново-подзолистой почвы заповедной территории. Различия касаются как степени дисперсности ГК, так и величин ММ отдельных фракций, а также примерных средневесовых ММ ГК и средневесовых ММ низкомолекулярных фракций. Обусловлены они различными причинами, но, несомненно, ведущую роль в этом играет антропогенный фактор.

В отличие от почв лесоохранных и заповедных территорий урбопочвы, формирующие основной фон почвенного покрова в городах, в значительно большей степени подвержены антропогенному воздействию, что отражается на их режимах и свойствах, в том числе и на молекулярно-массовом составе ГК. Это может быть связано с тем, что в урбаноземах процесс гумификации протекает в качественно других условиях, по сравнению с зональной дерново-подзолистой почвой естественного ценоза. Обусловлено это не только иными химическими и физико-химическими свойствами городских почв, но и изменением характера растительности. Замена смешанного древостоя, свойственного естественным

условиям почвообразования, травянистой растительностью или же преимущественно листовыми породами деревьев с обильным травянистым покровом отражается на масштабах и химическом составе растительного опада, ежегодно поступающего в почву. Изменение условий, в которых протекает процесс гумификации, а также привнос в почвенный профиль при его конструировании органогенных материалов, уже содержащих сформировавшиеся гумусовые вещества, будет отражаться на качественных характеристиках ГК и, в частности, их молекулярных массах. При этом большое значение будет иметь устойчивость ГК этих органогенных материалов к условиям среды, свойственной урбаноземам. Не исключено, что какая-то часть низкомолекулярных фракций ГК урбаноземов не сформировалась в результате протекающего в урбопочвах процесса гумификации, не сохранилась от исходной почвы и не поступала в почвенный профиль при его формировании. Они могут быть продуктом разрушения более крупных молекул ГК, входивших в состав органогенных веществ, использовавшихся при создании урбаноземов и оказавшихся неустойчивыми в иных условиях, по сравнению с теми, в которых они изначально сформировались. Так или иначе, несоответствие молекулярно-массового состава ГК урбаноземов молекулярно-массовому составу ГК, образующихся при зональном типе почвообразования, может стать причиной неустойчивости органопрофиля искусственно созданных городских почв и его ускоренной деградации, в результате чего почвенный покров не сможет в должной мере осуществлять свои экологические функции.

ВЫВОДЫ

1. Гуминовые кислоты городских почв имеют сложный молекулярно-массовый состав и состоят из различного количества фракций, отличающихся молекулярными массами и их относительным содержанием.

2. Гуминовые кислоты зональной дерново-подзолистой почвы состоят из четырех фракций с молекулярными массами от 2 460 до $\geq 23\ 440$ а.е.м., среди них преобладают низкомолекулярные фракции, на долю которых приходится 70 % от общей массы гуминовых кислот.

Гуминовые кислоты урбаноземов состоят из пяти-шести фракций с молекулярными массами от 1 780 до $\geq 23\ 440$ а.е.м., реже из трех фракций с молекулярными массами от 2 090 до $\geq 23\ 440$ а.е.м., а вклад низкомолекулярных фракций в общую массу гуминовых кислот варьирует от 50 % до 69 %.

3. В городских условиях антропогенное воздействие на состав и свойства органической части почв преобладает над естественными факторами почвообразования, что вызывает изменение степени дисперсности и увеличение примерной средневесовой молекулярной массы гуминовых кислот урбаноземов, по сравнению с гуминовыми кислотами зональной дерново-подзолистой почвы на 150–2 450 а.е.м., а средневесовой молекулярной массы их низкомолекулярных фракций – на 720–3 690 а.е.м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александрова Л.А.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. 288 с.
2. *Карпухин А.И., Илахун А., Торшин С.П.* Координационные соединения органических веществ почв с ионами металлов и влияние комплексонов на их доступность. М.: ВНИИА, 2010. 272 с.
3. *Колесников М.П.* Молекулярно-весовое распределение гуминовых кислот по данным гель-хроматографии на сефадексах // Почвоведение. 1978. № 4. С. 32–41.
4. *Лиштван И.И., Калущий Ф.Н., Абрамец А.М., Янута Ю.Г., Монич Г.С., Алейникова В.Н., Глухова Н.С.* Фракционирование гуминовых кислот как метод получения стандартизированных гуминовых материалов // Вестник БГУ. 2012. Серия 2. № 2. С. 7–11.
5. *Мамонтов В.Г., Сюняев Н.К., Афанасьев Р.А.* Молекулярно-массовый состав гуминовых кислот обыкновенного чернозема при орошении // Плодородие. 2009. № 3 (48). С. 28–30.
6. *Мамонтов В.Г., Филатова А.И., Комаристая С.С., Рябова О.Б., Смартыгин С.Н., Черничкин Р.В.* Свойства городских почв (на примере САО г. Москвы) // Плодородие. 2016. № 6 (93). С. 56–58.
7. *Околелова А.А., Барановская В.А.* Гумусовые кислоты степных почв Нижнего Поволжья и их изменение под влиянием орошения // Органическое вещество пахотных почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. 1987. С. 135–142.
8. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: МГУ, 1990. 325 с.

Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2019. Вып. 97.
Dokuchaev Soil Bulletin, 2019, 97

9. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: МГУ, 1981. 272 с.
10. Остерман Л.А. Хроматография белков и нуклеиновых кислот. М.: Наука, 1985. 536 с.
11. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование. СПб: 2004. 248 с.
12. Ришар К., Гийо Ж., Азур Ж.-П., тер Халле А., Трубецкая О.Е., Трубецкой О.А. Роль фракционирования при изучении фотохимических свойств гумусовых веществ // Российский химический журнал. 2008. Т. LII. № 1. С. 107–113.
13. Стригуцкий В.П., Навоша Ю.Ю., Смычник Т.П., Бамбалов Н.Н. Исследование структуры гуминовых кислот методом нелинейной ЭПР-спектроскопии // Почвоведение. 1992. № 1. С. 147–151.
14. Чичагова О.А., Тарасова Т.И. Свойства разновозрастных гуминовых веществ // Почвоведение. 1992. № 1. С. 94–99.
15. Goh K.M., Williams M.R. Changes in molecular weight distribution of soil organic matter during soil development // Soil Science. 1979. Vol. 30. P. 747–755.
16. Goh K.M., Williams M.R. Distribution of carbon, nitrogen, phosphorus, sulphur and acidity in two molecular weight fractions of organic matter in soil chronosequences // Soil Science. 1982. Vol. 33. No. 1. P. 73–87.
17. Khan S.V., Friesen D., Gel-filtration of humic acids extracted from the black solonchic soil and black chernozemic soils of Alberta // Soil Science. 1972. Vol. 114. No. 1. P. 73–74.
18. Piccolo A., Conte P. Molecular size of humic substance, supramolecular associations versus macromolecular polymers // Advances in Environmental Research. 2000. No. 3(4). P. 508–521.
19. Swift R.S., Posner A.M. Nitrogen, phosphorus and sulphur content of humic acid fractionated with respect to molecular weight phosphorus, sulphur // Soil Science. 1972. Vol. 23. No. 1. P. 50–57.
20. Tan K.H., Giddens J.E. Molecular weights and spectral characteristics humic and fulvic acids // Geoderma. 1972. Vol. 8. No. 4. P. 221–229.

**MOLECULAR WEIGHT COMPOSITION
OF HUMIC ACIDS IN URBAN SOILS
(THE NORTHERN ADMINISTRATIVE DISTRICT
OF MOSCOW CITY TAKEN AS AN EXAMPLE)**

A. I. Filatova, V. G. Mamontov, P. Yu. Panova*

Russian State Agrarian University –
Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev
Russia, 127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49
* e-mail: soillab@rgau-msha.ru

Received 31.10.2018, Revised 08.11.2018, Accepted 28.05.2019

The article provides research results and comparative analysis of humic acids in sod-podzolic soil of the Experimental Forest of the Russian State Agrarian University (protected area) and urban soils located in the Timiryazev district of Moscow. Humic acids of the zonal sod-podzolic soil of the Experimental Forest include four fractions with varying molecular weight: the 1st fraction – $\geq 23\,440$ unified atomic mass units (amu), the 2nd one – $13\,340$ amu, the 3rd one – $5\,500$ amu and the 4th one – $2\,460$ amu. The fraction with a molecular weight of $5\,500$ amu and a relative content of 38 % dominates among them, while the share of low-molecular fractions ($< 20\,000$ amu) accounts for 70 % of the total mass of humic acids. When weight-average molecular mass of humic acids is $17\,530$ amu, the average molecular mass of the low-molecular fractions is $9\,960$ amu. Humic acids of urbanozems differ in molecular weight composition from humic acids of sod-podzolic soil. In most cases it consists of 5–6, less commonly of 3, fractions with molecular weight from $1\,780$ to $\geq 23\,440$ amu. The share of medium- and high-molecular fractions fluctuates from 31–37 % to 47–50 % of the total mass of humic acids. The characteristic feature of humic acids of urbanozems is the presence in their composition of low-molecular fractions with such molecular weights, which are not found in humic acids of sod-podzolic soil. Thus, humic acids of urbanozems are characterized by higher weight-average molecular mass ranging from $17\,680$ to $19\,980$ amu, as well as by higher weigh-average molecular mass of the low-molecular fractions which vary from $10\,680$ to $13\,650$ amu.

Keywords: sod-podzolic soil, urbanozem, humic acids, fraction, molecular weight, weight-average molecular mass.

REFERENCES

1. Aleksandrova L.A., *Organicheskoe veshchestvo pochvy i protsessy ego transformatsii* (Soil organic matter and its transformation processes), Leningrad: Nauka, 1980, 288 p.
2. Karpukhin A.I., Ilakhun A., Torshin S.P., *Koordinatsionnye soedineniya organicheskikh veshchestv pochv s ionami metallov i vliyanie kompleksonatov na ikh dostupnost'* (Coordination compounds of soil organic substances with metal ions and the effect of complexonates on their availability), Moscow: VNIIA, 2010, 272 p.

3. Kolesnikov M.P., Molekulyarno-vesovoe raspredelenie guminovykh kislot po dannym gel'-khromatografii na sefadeksakh (Molecular weight distribution of humic acids according to gel chromatography on Sephadexes), *Pochvovedenie*, 1978, No. 4, pp. 32–41.
4. Lishtvan I.I., Kalutskii F.N., Abramets A.M., Yanuta Yu.G., Monich G.S., Aleinikova V.N., Glukhova N.S., Fraktsionirovanie guminovykh kislot kak metod polucheniya standartizirovannykh guminovykh materialov (Fractionation of humic acids as a method of obtaining standardized humic materials), *Vestnik BGU*, 2012, Series 2, No. 2, pp. 7–11.
5. Mamontov V.G., Syunyaev N.K., Afanas'ev R.A. Molekulyarno-massovyi sostav guminovykh kislot obyknovennogo chernozema pri oroshenii (Molecular mass composition of humic acids of ordinary black soil under irrigation), *Plodorodie*, 2009, No. 3 (48), pp. 28–30.
6. Mamontov V.G., Filatova A.I., Komaristaya S.S., Ryabova O.B., Smarygin S.N., Chernichkin R.V. Svoistva gorodskikh pochv (na primere SAO g. Moskvy) (Properties of urban soil (by the example of the Northern Administrative District of Moscow)), *Plodorodie*, 2016, No. 6 (93), pp. 56–58.
7. Okolelova A.A., Baranovskaya V.A. Gumusovye kisloty stepnykh pochv Nizhnego Povolzh'ya i ikh izmenenie pod vliyaniem orosheniya (Humic acids of steppe soils of the Lower Volga region and their change under the influence of irrigation), In: *Organicheskoe veshchestvo pakhotnykh pochv* (Organic matter of arable soil), Moscow: Pochv. in-t im. V.V. Dokuchaeva, 1987, pp. 135–142.
8. Orlov D.S., *Gumusovye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii* (Soil humic acids and general theory of humification), Moscow: MGU, 1990, 325 p.
9. Orlov D.S., Grishina L.A. *Praktikum po khimii gumusa* (Workshop on the chemistry of humus), Moscow: MGU, 1981, 272 p.
10. Osterman L.A., *Khromatografiya belkov i nukleinykh kislot* (Chromatography of proteins and nucleic acids), Moscow: Nauka, 1985, 536 p.
11. Popov A.I., *Guminovye veshchestva: svoistva, stroenie, obrazovanie* (Humic substances: properties, structure, education), St.Petersburg, 2004, 248 p.
12. Rishar K., Giio Zh., Aguer Zh.-P., ter Khalle A., Trubetskaya O.E., Trubetskoi O.A., Rol' fraktsionirovaniya pri izuchenii fotokhimicheskikh svoistv gumusovykh veshchestv (The role of fractionation in the study of the photochemical properties of humic substances), *Rossiiskii khimicheskii zhurnal*, 2008, Vol. LII, No. 1, pp. 107–113.
13. Strigutskii V.P., Navosha Yu.Yu., Smychnik T.P., Bambalov N.N., Issledovanie struktury guminovykh kislot metodom nelineinoy EPR-

Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2019. Вып. 97.
Dokuchaev Soil Bulletin, 2019, 97

спектроскопии (Study of the structure of humic acids by the method of nonlinear EPR spectroscopy), *Pochvovedenie*, 1992, No. 1, pp. 147–151.

14. Chichagova O.A., Tarasova T.I., Svoistva raznovozrastnykh guminovykh veshchestv (Properties of humic substances of different ages), *Pochvovedenie*, 1992, No. 1, pp. 94–99.

15. Goh K.M., Williams M.R., Changes in molecular weight distribution of soil organic matter during soil development, *Soil Science*, 1979, Vol. 30, pp. 747–755.

16. Goh K.M., Williams M.R., Distribution of carbon, nitrogen, phosphorus, sulphur and acidity in two molecular weight fractions of organic matter in soil chronosequences, *Soil Science*, 1982, Vol. 33, No. 1, pp. 73–87.

17. Khan S.V., Friesen D., Gel-filtration of humic acids extracted from the black solonchic soil and black chernozemic soils of Alberta, *Soil Science*, 1972, Vol. 114, No. 1, pp. 73–74.

18. Piccolo A., Conte P., Molecular size of humic substance, supramolecular associations versus macromolecular polymers, *Advances in Environmental Research*, 2000, No. 3 (4), pp. 508–521.

19. Swift R.S., Posner A.M., Nitrogen, phosphorus and sulphur content of humic acid fractionated with respect to molecular weight phosphorus, sulphur, *Soil Science*, 1972, Vol. 23, No. 1, pp. 50–57.

20. Tan K.H., Giddens J.E., Molecular weights and spectral characteristics humic and fulvic acids, *Geoderma*, 1972, Vol. 8, No. 4, pp. 221–229.

Ссылки для цитирования:

Филатова А.И., Мамонтов В.Г., Панова П.Ю. Молекулярно-массовый состав гуминовых кислот городских почв (на примере САО г. Москвы) // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2019. Вып. 97. С. 113-128. DOI: 10.19047/0136-1694-2019-97-113-128

For citation:

Filatova A.I., Mamontov V.G., Panova P.Yu., Molecular weight composition of humic acids in urban soils (the Northern Administrative District of Moscow city taken as an example), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2019, V. 97, pp. 113-128, DOI: 10.19047/0136-1694-2019-97-113-128