

УДК 631.445.24:631.61:631.417

ВЛИЯНИЕ С.-Х. ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ВОДОРАСТВОРИМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ*

В.Г. МАМОНТОВ, к. с.-х. н., А.В. МОРГУНОВ, О.М. БРУЕВИЧ

(Кафедра почвоведения, кафедра физической и коллоидной химии)

Изучение водорастворимого органического вещества дерново-подзолистой почвы разной степени окультуренности с помощью термического и спектрофотометрического методов показало, что для него характерно упрощенное строение, обусловленное отсутствием развитой системы сопряженных циклических структур, при этом с увеличением степени окультуренности почвы уменьшается гетерогенность компонентного состава водорастворимого органического вещества и роль алифатических структур в его формировании.

Лабильное органическое вещество (ЛОВ) — наиболее динамичная и легко трансформирующаяся составляющая органической части почвы, принимающая непосредственное участие в динамических почвенных процессах и формировании эффективного плодородия почвы [2, 8]. Входящие в его состав компоненты участвуют в образовании водпрочной структуры, проявляют физиологическую активность, выполняют защитную функцию по отношению к консервативным, устойчивым гумусовым соединениям. Относительно легко подвергаясь минерализации, компоненты ЛОВ служат непосредственным источником элементов питания для растений и энергетическим материалом для микроорганизмов.

В составе лабильного органического вещества почвы целесообразно выделять две группы компонентов, существенно различающихся между собой природой и функциями. Различны и методы экстрагирования их из почвы. Одна группа представляет легко разлагаемое органическое вещество (ЛРВ), вторая — лабильные гумусовые вещества (ЛГВ).

Легкоразлагаемое органическое вещество формируется за счет растительного опада, детрита, остатков почвенной фауны, органических удобрений. Основным источником легко разлагаемого органического вещества — растительный опад. В агроценозах с нормальной и интенсивной системами земледелия заметную роль в формировании пула ЛРВ должны играть органические удобрения. Экстрагируют легко разлагаемое органическое вещество с помощью тяжелых жидкостей. Его количественная оценка должна дополняться характеристикой компонентного (лигнин, целлюлоза и т.д.) и элементного (Р, К, азот общий и легкогидролизуемый, Са, Mg, S и т.д.) составов.

Лабильные гумусовые вещества состоят из разнообразных продуктов биохимических процессов, протекающих в почве. К ним относятся: новообразованные гумусовые соединения и гумусовые кислоты, непрочно связанные с минеральной частью почвы, неспецифические органические соединения, в т. ч. и продукты автолиза и метаболизма почвенной микрофлоры и фауны, прогуминовые вещества, кор-

* Работа выполнена при поддержке ОФИ, грант № 08-0413621 ОФИ_ц.

невые выделения. Для экстрагирования лабильных гумусовых веществ обычно применяют нейтральный 0,1 М раствор пирофосфата натрия или 0,1 н. раствор NaOH при соотношении почва : раствор = 1 : 20 и времени настаивания 17–20 ч. Реже используют другие экстрагенты и более узкие соотношения почва : раствор. Следует отметить, что в группе лабильных гумусовых веществ большой интерес вызывает их водорастворимая фракция, выполняющая наряду с другими и геохимическую функцию. Поэтому исследования в этом направлении имеют большое значение для объективной оценки наиболее легкотрансформируемой части гумуса почвы.

Методика

Объектом исследования служили плохо, средне- и хорошо окультуренные дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы экспериментальной базы «Михайловское», используемые в 7-польном севообороте с 1967 г. Условия проведения опыта и характеристика свойств почв опубликованы в [7].

Для экстрагирования водорастворимых органических веществ (ВОВ) почву заливали дистиллированной водой в соотношении 1:10 и оставляли на сутки. Через сутки суспензию выдерживали 1 ч на кипящей водяной бане при периодическом перемешивании. После охлаждения вытяжки отделяли полученный экстракт центрифугированием, обработку почвы водой повторяли. Оба экстракта объединяли, пропускали через свечу Шамберлена и катионит КУ-23-А в H^+ -форме. Очищенную вытяжку упаривали с помощью вакуумного испарителя и выпаривали досуха на водяной бане.

Термический анализ полученных препаратов проводили на дериватографе Q-1500-D, при скорости поднятия температуры 10° в мин.

Электронные спектры поглощения снимали на фотометре КФК-3 с использованием 0,1% растворов ВОВ, растворителем служил 0,1 н. раствор NaOH.

Спектры поглощения в инфракрасной области снимали на спектрофотометре «Specord-M80» методом таблетирования с KBr. Интерпретацию спектров поглощения проводили согласно имеющимся рекомендациям [1, 2, 4].

Результаты

Согласно данным дифференциально-термического анализа (ДТА), на ДТА-кривых водорастворимых органических веществ имеется по одному эндотермическому эффекту (рис. 1). Приурочены они к довольно узкому температурному интервалу — $85-115^\circ C$ и обусловлены удалением гигроскопической воды.

В температурном интервале $120-570^\circ C$ на кривых ДТА обнаружены неодинаковые по степени выраженности экзотермические эффекты, с количеством и характером которых связаны различия между ВОВ исследуемых почв.

Довольно простой вид имеет кривая ДТА ВОВ целинной дерново-подзолистой почвы. Она характеризуется наличием широкого и интенсивного эффекта в высокотемпературной области при $460^\circ C$, на фоне которого плохо разрешается эффект в низкотемпературной области при $350^\circ C$. Кроме того, в самом начале низкотемпературного интервала имеется слабовыраженный экзотермический эффект при $120^\circ C$. Температурный интервал, в котором происходит термодеструкция ВОВ целинной дерново-подзолистой почвы, составил $340^\circ C$. В целом аналогичный облик имеет и ДТА-кривая ВОВ хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы, однако максимумы термоэффектов на ней сдвинуты в область более высоких температур, а интервал термодеструкции несколько увеличился и составил $365^\circ C$.

На кривой ДТА ВОВ дерново-подзолистой среднеокультуренной почвы обнаруживаются четыре экзотермических эффекта. В низкотемпературной области хорошо разрешившиеся эффекты приурочены к 120 и $350^\circ C$. В

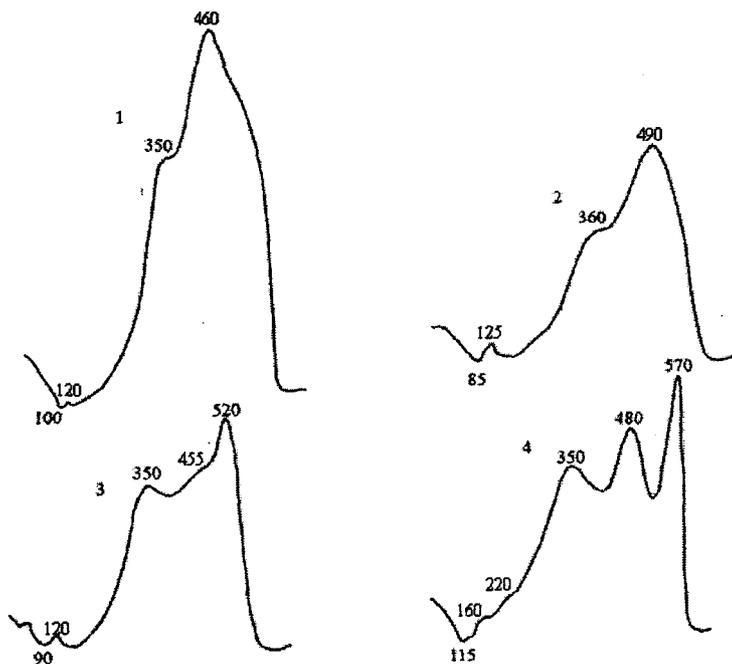


Рис. 1. ДТА-кривые ВОВ дерново-подзолистых почв (1 — целинная почва; 2 — хорошо окультуренная почва; 3 — среднеокультуренная почва; 4 — плохо окультуренная почва)

высокотемпературной области с интенсивным и довольно узким термоэффekten при 520°C сопряжен неразрешившийся эффект при 455°C. Температурный интервал термодеструкции ВОВ среднеокультуренной дерново-подзолистой почвы составил 400°C. Еще более высокая степень неоднородности компонентного состава присуща ВОВ дерново-подзолистой плохо окультуренной почвы. В низкотемпературной области слабые и плохо разрешившиеся эффекты при 160 и 220°C перекрываются интенсивным и довольно широким экзоэффектом при 350°C. Этот эффект сменяется в высокотемпературной области более узкими и более интенсивными экзотермическими эффектами при 480 и 570°C. Интервал термодеструкции ВОВ плохо окультуренной дерново-подзолистой почвы составил 410°C.

Таким образом, согласно данным дифференциально-термического анализа, в направлении от целинной и хо-

рошо окультуренной дерново-подзолистых почв к почвам средне- и плохо окультуренной возрастает неоднородность компонентного состава ВОВ и интервал их термодеструкции, а также термоустойчивость структур, разрушающихся в высокотемпературной области.

При изучении гумусовых веществ почвы дифференциально-термический анализ сопровождается обычно дифференциально-термогравиметрическим анализом (ДТГ), с помощью которого устанавливается изменение массы исследуемого вещества в процессе нагревания. При этом предполагается, что эффекты, проявляющиеся на кривой ДТГ в области 100°C, в основном обусловлены удалением гигроскопической воды. В низкотемпературном интервале (150–400°C) разрушается алифатическая часть гумусовых веществ, представленная углеводородными и углеводными цепочками и отдельны-

ми циклами. В высокотемпературной области ($>400^{\circ}\text{C}$) термодеструкции подвергается центральная часть молекулы, сформированная преимущественно сопряженными циклическими структурами. Эти придержки были использованы при интерпретации полученных данных (табл. 1)

На кривой ДТГ ВОВ целинной дерново-подзолистой почвы присутствует пять термических реакций, сопровождающихся потерей массы. Первая из них, достигающая максимальной скорости при 120°C , с потерей массы 9,9% обусловлена удалением гигроскопической влаги.

Алифатические структуры, участвующие в формировании ВОВ неоднородны по составу. Об этом свидетельствует наличие в низкотемпературной области на кривой ДТГ трех термических реакций, связанных с последовательным разрушением компонентов, обладающих различной термоустойчивостью и достигающих максимальной скорости при 180 , 245 и 330°C , с потерей массы 10,4%, 20,3 и 24,3% соответственно. Структуры с высокой термоустойчивостью, представленные, по-видимому, соединениями циклического строения, однородны по составу и разрушаются в ходе одной термической реакции при 450°C с потерей массы 35,1%

Для количественной оценки вклада ароматических и алифатических компонентов в построение молекул гумусовых кислот был предложен коэф-

фициент Z [5], представляющий собой отношение потери массы в низкотемпературной области ($<400^{\circ}\text{C}$) к потере массы в высокотемпературном интервале ($>400^{\circ}\text{C}$). Рассчитанный таким образом коэффициент Z у ВОВ дерново-подзолистой целиной почвы оказался равным 1,57, что свидетельствует о заметном преобладании в их составе алифатических компонентов над циклическими структурами.

Заметное влияние на компонентный состав ВОВ оказывает степень окультуренности дерново-подзолистых почв.

При термодеструкции ВОВ плохо окультуренной дерново-подзолистой почвы на кривой ДТГ проявляется шесть термических реакций, сопровождающихся потерей массы. С первой реакцией при 110°C связано удаление гигроскопической влаги, потеря массы при этом составляет 14,1%, что выше, чем у ВОВ целинной почвы. В результате трех реакций происходит разрушение алифатических структур, участвующих в формировании ВОВ, причем среди них отчетливо преобладают более термоустойчивые компоненты, разрушающиеся при 320°C с потерей массы 31,8%. Суммарная потеря массы при пиролизе менее термоустойчивых алифатических соединений при 180 и 220°C составила только 18,2%. Соединения циклического типа разрушаются в ходе двух термических реакций, достигающих максимальной скорости при 480°C с потерей массы 22,4% и при 570°C с потерей

Таблица 1

Термогравиметрическая характеристика ВОВ дерново-подзолистых почв
(числитель — максимальная температура эффекта, $^{\circ}\text{C}$; знаменатель — потеря массы в % от общей)

Вариант	Термические реакции					Z	
	120	180	245	330	450		
Целинная почва	9,9	10,4	20,3	24,3	35,1	—	1,57
Плохо окультуренная почва	110	180	220	320	480	570	1,39
	14,1	10,6	7,6	31,8	22,4	13,5	
Среднеокультуренная почва	95	200	315	455	530	—	1,11
	14,1	21,1	24,0	19,7	21,1	—	
Хорошо окультуренная почва	85	180	270	500	—	—	1,05
	13,5	3,7	40,5	42,3	—	—	

массы 13,5%. Величина коэффициента Z составила 1,39, что несколько меньше, чем у ВОВ целинной почвы.

Таким образом, в составе ВОВ плохо окультуренной дерново-подзолистой почвы заметно преобладают алифатические компоненты, отличающиеся довольно высокой степенью дифференциации, что свойственно и ВОВ целинной почвы. Наряду с этим в условиях экстенсивного использования почвы в состав ВОВ включаются качественно новые структуры циклического типа, с более высокой термоустойчивостью.

На кривой ДТГ ВОВ среднеокультуренной дерново-подзолистой почвы присутствует пять термических реакций. Удаление гигроскопической влаги происходит при 95°C с потерей массы 14,1%. В состав ВОВ среднеокультуренной почвы входят примерно в одинаковых количествах две группы алифатических соединений, разрушающихся при 200°C (потеря массы 21,1%) и 315°C (потеря массы 24,0%) и две группы циклических структур, термодеструкция которых происходит при 455°C (потеря массы 19,7%) и 530°C (потеря массы 21,1%). Величина коэффициента Z оказалась равной 1,11. Таким образом, по сравнению с ВОВ целинной и плохо окультуренной почв степень гетерогенности ВОВ среднеокультуренной почвы меньше, как и доля алифатических структур в его составе.

Наименее дифференцировано по компонентному составу ВОВ хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы, о чем свидетельствуют всего четыре термические реакции на кривой ДТГ. Удаление гигроскопической влаги происходит при 85°C с потерей массы 13,5%. Алифатические структуры разрушаются в результате двух термических реакций, достигающих максимальной скорости при 180 и 270°C, причем если в ходе первой из них потеря массы составила всего 3,7%, то в ходе второй реакции — 40,5%. Циклические структуры разрушаются в результате одной термической реакции, достигающей максимальной скорости при 500°C с по-

терей массы 42,3%. Величина коэффициента Z составила 1,05. Таким образом, ВОВ хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы отличается наименее выраженной дифференциацией компонентного состава по термоустойчивости, при этом вклад алифатических и циклических структур в его состав примерно одинаков.

Результаты дифференциально-термогравиметрического анализа были использованы также для расчетов энергии активации и констант скорости термической деструкции ВОВ в соответствии с имеющимися рекомендациями [3, 6]. Полученные данные приведены в табл. 2.

Согласно полученным данным, при удалении гигроскопической влаги самые низкие значения энергии активации — 10,31 ккал/моль и константы скорости реакции — $2,72 \cdot 10^5$ мин⁻¹ наблюдаются у ВОВ плохо окультуренной почвы. Несколько более высокие значения этих показателей присущи ВОВ целинной и хорошо окультуренной почв. У ВОВ среднеокультуренной почвы энергия активации составила 13,75 ккал/моль, а константа скорости реакции — $7,54 \cdot 10^7$ мин⁻¹.

Существенное варьирование величины энергии активации и константы скорости термических реакций наблюдается при пиролизе периферической части ВОВ исследуемых почв. Так, энергия активации третьей термической реакции термодеструкции ВОВ хорошо окультуренной почвы равна 7,49 ккал/моль, а соответствующая ей константа скорости — $1,32 \cdot 10^2$ мин⁻¹, тогда как у ВОВ плохо окультуренной почвы эти показатели составили 27,77 ккал/моль и $1,18 \cdot 10^{12}$ мин⁻¹. Суммарная величина энергии активации термодеструкции периферической части самая низкая у ВОВ среднеокультуренной почвы — 21,89 ккал/моль и несколько более высокая у ВОВ хорошо окультуренной почвы. Заметно выше этот показатель у ВОВ целинной и плохо окультуренной почв — 49,87 и 54,56 ккал/моль.

Таблица 2

Энергия активации и кинетические параметры термической деструкции ВОВ дерново-подзолистой почвы разной степени окультуренности

Вариант	Номер реакции	T _m , °K	ΔT, °C	E, ккал/моль	K ₀ , мин ⁻¹
Целинная почва	1	393	60	11,76	1,34 · 10 ⁶
	2	453	55	17,05	7,06 · 10 ⁷
	3	518	80	15,33	8,44 · 10 ⁵
	4	603	95	17,49	8,35 · 10 ⁴
	5	723	195	12,25	5,96 · 10 ²
Плохо окультуренная почва	1	383	65	10,31	2,72 · 10 ⁵
	2	453	55	17,05	7,06 · 10 ⁷
	3	493	40	27,77	1,18 · 10 ¹²
	4	593	165	9,74	5,42 · 10 ²
	5	753	125	20,73	1,91 · 10 ⁵
	6	843	65	49,97	3,19 · 10 ¹²
Среднеокультуренная почва	1	368	45	13,75	7,54 · 10 ⁷
	2	473	105	9,74	6,92 · 10 ³
	3	578	130	12,15	5,83 · 10 ⁶
	4	728	100	24,22	4,3 · 10 ⁶
	5	803	70	42,10	9,45 · 10 ¹⁰
Хорошо окультуренная почва	1	358	50	11,71	6,53 · 10 ⁶
	2	453	55	17,05	7,06 · 10 ⁷
	3	543	180	7,49	1,32 · 10 ²
	4	773	185	14,76	1,85 · 10 ³

Существенно различаются и параметры термической деструкции центральной части ВОВ. В частности, энергия активации шестой термической реакции пиролиза ВОВ плохо окультуренной почвы составила 49,97 ккал/моль, а константа скорости $3,19 \cdot 10^{12}$ мин⁻¹, в то время как при разрушении циклических структур ВОВ целинной почвы энергия активации достигает только 12,25 ккал/моль, а константа скорости — $5,96 \cdot 10^2$ мин⁻¹. Суммарная величина энергии активации термодеструкции центральной части ВОВ исследуемых почв варьирует в широких пределах. У ВОВ целинной и хорошо окультуренной почв она составляет 12,5 и 14,76 ккал/моль, у ВОВ средне- и плохо окультуренной почв — 66,32 и 70,7 ккал/моль.

Электронные спектры исследуемых ВОВ представляют собой пологие кривые без видимых максимумов поглощения (рис. 2).

В пределах всей изученной части спектра самые высокие значения оптической плотности присущи ВОВ хорошо окультуренной почвы, самые низ-

кие — ВОВ плохо окультуренной почвы. ВОВ среднеокультуренной и целинной почв занимают промежуточное положение, причем до 550 нм оптическая плотность ВОВ среднеокультуренной почвы выше, чем целинной, хотя в дальнейшем их спектрофотометрические кривые сливаются в одну. Можно предположить, что в этой же последовательности в составе ВОВ возрастает доля алифатических структур, что подтверждается и значениями E-величин (табл. 3), которые последовательно уменьшаются от ВОВ хорошо окультуренной почвы (E=0,0089) к ВОВ среднеокультуренной почвы (E=0,0065) и далее к ВОВ целинной (E=0,0054) и плохо окультуренной почвам (E=0,004).

Такие низкие значения E-величин скорее всего обусловлены преимущественным формированием ВОВ исследуемых почв за счет соединений типа насыщенных углеводов и полисахаридов и отсутствием в их составе системы сопряженных циклических соединений, несущих двойные углерод-углеродные связи.

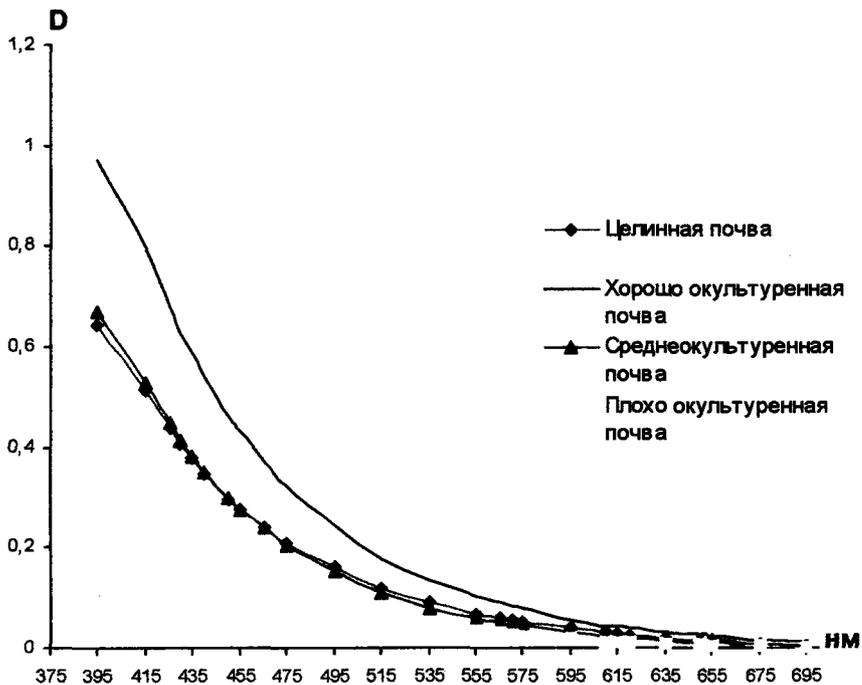


Рис. 2. Электронные спектры поглощения ВОВ дерново-подзолистых почв

Таблица 3

Е-величины и коэффициенты цветности ВОВ дерново-подзолистой почвы разной степени окультуренности

Вариант	$E_{465}^{0,001\%}$ 465 нм, 1 см	$A_{500/600}$	$Q_{4/6}$
Целинная почва	0,0054	1,40	15,9
Плохо окультуренная почва	0,0040	1,54	24,8
Среднеокультуренная почва	0,0065	1,42	20,4
Хорошо окультуренная почва	0,0089	1,35	14,4

Менее однозначные результаты получены при использовании коэффициентов цветности $Q_{4/6}$ и A . Судя по высоким значениям коэффициентов цветности, исследуемые ВОВ имеют упрощенное строение. Особенно это касается ВОВ средне- и плохо окультуренной почв, коэффициенты $Q_{4/6}$ которых равны 20,4 и 24,8 соответственно. У ВОВ целинной и хорошо окультуренной почв компонентный состав несколько усложняется, о чем можно судить по уменьшению значений коэффициента $Q_{4/6}$ до 15,9 и 14,4.

Значения коэффициентов A ВОВ исследуемых почв варьируют в меньших пределах, нежели коэффициенты $Q_{4/6}$. При этом, если судить по коэффициентам A , наиболее простое строение имеют ВОВ плохо окультуренной почвы ($A=1,54$), более сложное — ВОВ хорошо окультуренной почвы, тогда как ВОВ целинной и среднеокультуренной почв занимают промежуточное положение ($A=1,40-1,42$).

ИК-спектры поглощения исследуемых водорастворимых органических веществ имеют однотипный характер (рис. 3).

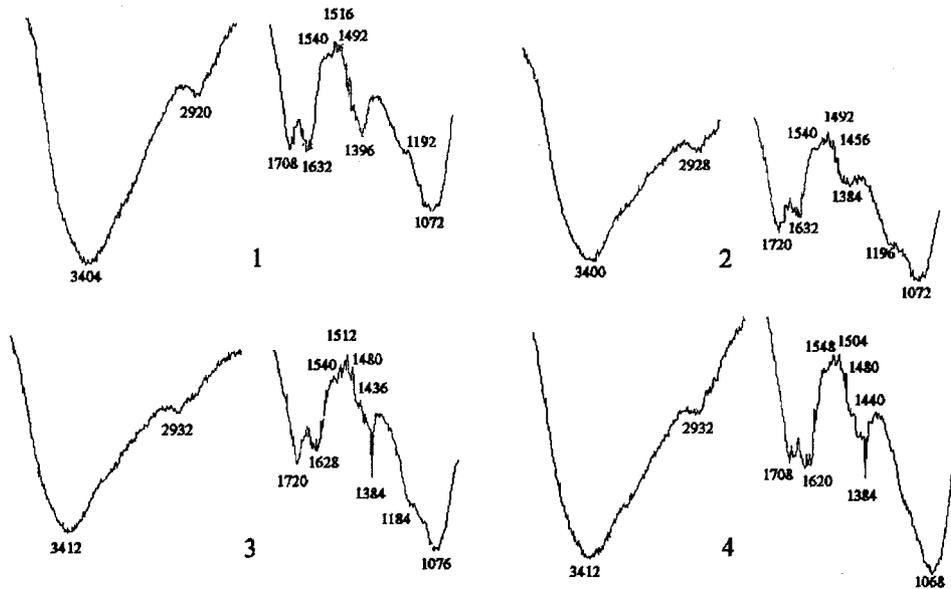


Рис. 3. Инфракрасные спектры поглощения ВОВ дерново-подзолистых почв в областях 1000–1800 см^{-1} и 2800–3600 см^{-1} почвы (1 — целинная почва; 2 — хорошо окультуренная почва; 3 — среднеокультуренная почва; 4 — плохо окультуренная почва)

В области 2800 — 3600 см^{-1} определяющей является полоса поглощения при 3400 см^{-1} . Проявление ее обусловлено колебаниями групп $-\text{OH}$, связанных межмолекулярными водородными связями и, частично, валентными колебаниями групп $-\text{NH}$. На фоне этой полосы слабо проявляется поглощение в области 2900–2930 см^{-1} , вызываемое валентными колебаниями групп $-\text{CH}$ метильных и метиленовых группировок алифатических структур. Деформационным колебаниям групп $-\text{CH}_2$ и $-\text{CH}_3$ этих структур соответствуют несколько более интенсивные полосы поглощения при 1380–1400 см^{-1} и слабовыраженные полосы поглощения, приуроченные к интервалу 1430–1490 см^{-1} .

В области 1000–1800 см^{-1} наибольшая интенсивность отмечается у полосы поглощения при 1070–1080 см^{-1} , относимой на счет полисахаридов, причем интенсивность поглощения в этой области сопоставима с поглощением при 3400 см^{-1} .

При 1700–1720 см^{-1} на ИК-спектрах ВОВ присутствуют довольно интенсивные полосы поглощения карбоксильных групп. Сопряженные с ними и имеющие примерно такую же интенсивность полосы поглощения при 1620–1630 см^{-1} , скорее всего, вызываются азотсодержащими группировками (амид I), присутствие которых в составе ВОВ подтверждается и наличием слабовыраженной полосы поглощения при 1540 см^{-1} (амид II). В целом на ИК-спектрах исследуемых ВОВ присутствуют практически все полосы поглощения, характерные для ИК-спектров гумусовых кислот, за исключением полосы поглощения при 1600–1610 см^{-1} , относимой к колебаниям двойных углерод-углеродных связей ароматических структур. Это может служить подтверждением отсутствия в составе водорастворимого органического вещества системы сопряженных циклических структур, что обуславливает его высокую степень алифатичности. При этом следует отметить, что

интенсивность практически всех полос поглощения самая высокая у ВОВ плохо окультуренной почвы, а самая низкая — у ВОВ хорошо окультуренной почвы.

Заключение

Согласно данным термического анализа, в результате распашки и экстенсивного использования дерново-подзолистой почвы усиливается неоднородность циклических структур, участвующих в формировании водорастворимого органического вещества, возрастает их термоустойчивость и вклад в состав ВОВ. При окультуривании дерново-подзолистой почвы компонентный состав ВОВ приобретает меньшую гетерогенность, уменьшается роль алифатических структур в формировании его молекул, снижается суммарная величина энергии активации термодеструкции циклических группировок.

Результаты спектроскопических исследований показывают, что водорастворимое органическое вещество дерново-подзолистой почвы, независимо от уровня окультуренности, преимущественно формируется за счет компонентов алифатического типа и характеризуется упрощенным строением. При этом наиболее отчетливые различия между ВОВ почв разной степени окультуренности установлены с помощью E -величин, менее однозначные результаты получены при использовании коэффициентов A и $Q_{4/6}$.

Библиографический список

1. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. М.: Иностранная литература, 1963. — 2. Мамонтов В.Г., Моргунов А.В., Собакин Ю.Ю., Бруевич О.М. Влияние окультуривания на оптические свойства лабильных гумусовых веществ // Труды 4-й Всероссийской конференции «Гуминовые вещества в биосфере». М., 2007. С. 275–278. — 3. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. — 4. Степанов И.С., Щурина Г.Н. Термографическая характеристика фракций органоминеральных веществ иллювиально-гумусового горизонта торфянисто-подзолисто-глеевой песчаной почвы // Органоминеральные вещества почв Нечерноземной Зоны. М.: ВАСХНИЛ, 1977. С. 107–117. — 5. Черников В.А., Кончиц В.А. Сравнение показателей цветности ($Q_{4/6}$ и A) растворов гумусовых веществ дерново-подзолистой почвы и чернозема // Докл. ТСХА, 1972. Вып. 176. С. 45–49. — 6. Черников В.А., Кончиц В.А. Кинетика пиролиза фульвосоединений некоторых типов почв // Изв. ТСХА, 1973. Вып. 1. С. 101–113. — 7. Черников В.А., Кончиц В.А. Кинетические параметры пиролиза гуминовых кислот, выделенных различными методами // Изв. ТСХА, 1978. Вып. 3. С. 131–141. — 8. Хамуду Р., Мамонтов В.Г., Кончиц В.А. Термический анализ лабильных гумусовых веществ // Плодородие, 2006. №3(30). С. 23–26. — 9. Шатилов И.С., Замараев А.Г., Духанин Ю.А. и др. Энергомассообмен в звене полевого севооборота. М.: Агроконсалт, 2004. Ч. 1.

Рецензент — д. б н. И.М. Яшин

SUMMARY

Investigation into watersoluble organic matter of sod-podzol soil at various levels of improvement with help of both thermic and spectrophotometric methods shows that its characteristic feature is simplified structure which is due to lack of developed system of connected cyclic structures. The article also states that when the degree of soil improvement rises heterogeneity of its component composition of watersoluble organic matter and the role of aliphatic structures in its forming decrease.