

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛАБИЛЬНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ЦЕЛИННЫХ ПОЧВ

Ю.Ю. Собакин, В.Г. Мамонтов, Рукангантамбара Хамуду, РГАУ-МСХА, В.А. Кончиц, ВНИИА

Группа лабильных гумусовых веществ (ЛГВ) до настоящего времени представляет собой наименее изученную часть органического вещества почвы. В большинстве опубликованных работ, посвященных данной проблеме, преимущественно отражено общее содержание их в почве, количество в ЛГВ гуминовых и фульвокислот, азота и фосфора. Между тем, учитывая относительную подвижность и доступность ЛГВ микроорганизмам, можно допустить, что они принимают непосредственное участие в почвенных процессах и играют важную роль в формировании эффективного плодородия почв. Поэтому необходимо детальное исследование ЛГВ с помощью физико-химических методов.

Нами были изучены оптические свойства лабильных гумусовых веществ целинных почв разных типов. Характеристика почв и методика получения препаратов ЛГВ опубликованы [3]. Интерпретацию спектров поглощения, определение коэффициентов цветности A , $Q_{4/6}$ и E -величин проводили согласно имеющимся рекомендациям [1,2,4].

Спектры поглощения лабильных гумусовых веществ исследуемых почв в ультрафиолетовой (УФ) и видимой областях (рис.1) были сняты на фотометре КФК-3. Спектры имеют сходный характер и представляют собой пологие кривые без видимых максимумов поглощения, наблюдается лишь подобие уступа при 335 нм (у ЛГВ темно-каштановой почвы при 355 нм). Возможно, это обусловлено присутствием в ЛГВ неспецифических органических соединений.

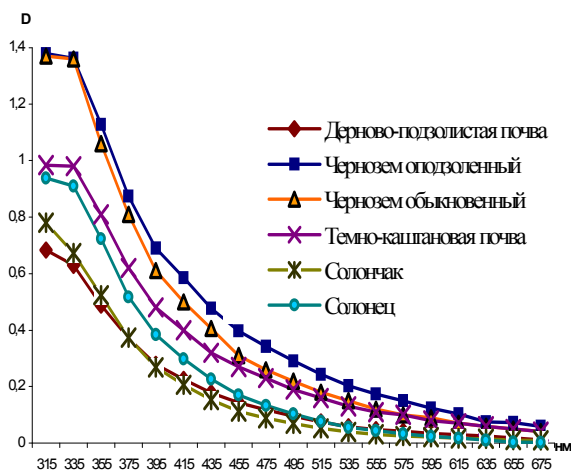


Рис. 1. Спектры поглощения ЛГВ в ультрафиолетовой и видимой областях

В пределах большей части УФ- и видимой областей спектра оптическая плотность ЛГВ уменьшается от оподзоленного чернозема к обыкновенному чернозему и темно-каштановой слабосолонцеватой почве, и далее к солонцу, дерново-слабоподзолистой почвы и солончака автоморфного. Можно сделать предположение, что в этом направлении уменьшается вклад ароматических структур в построение лабильных гумусовых веществ и в их составе возрастает доля неспецифических компонентов, оказывающих большее влияние на характер спектральных кривых, особенно в ультрафиолетовой области.

Величины коэффициента A , найденные при различных длинах волн (табл.), имеют практически одинаковые значения, расхождения не превышают 0,05.

Судя по величинам этого коэффициента, наиболее сложную структуру имеют ЛГВ оподзоленного чернозема, а ЛГВ солончака в наибольшей степени обогащены

алифатическими компонентами.

Значения E -величин и коэффициентов цветности ЛГВ некоторых типов почв				
Почва	A		$Q_{4/6}$	$E_{465\text{ нм}, 1\text{ см}}^{0,001\%}$
	$\lambda_1 = 400$ $\lambda_2 = 500$	$\lambda_1 = 500$ $\lambda_2 = 600$		
Дерново-слабоподзолистая	4,75	4,70	6,65	0,0099
Чернозем оподзоленный	3,75	3,77	4,75	0,0215
Чернозем обыкновенный	4,30	4,25	5,65	0,0198
Темно-каштановая слабосолонцеватая	3,85	3,85	4,89	0,0161
Солонец мелкий степной	5,12	5,08	9,06	0,0112
Солончак автоморфный	5,90	5,85	7,77	0,0057

В большинстве случаев коэффициент A хорошо согласуется со спектрофотометрическими кривыми, однако у темно-каштановой почвы значение коэффициента A ниже, чем у чернозема обыкновенного, хотя оптическая плотность ЛГВ обыкновенного чернозема превышает оптическую плотность ЛГВ темно-каштановой почвы, и, соответственно, спектрофотометрическая кривая чернозема располагается выше. Данное обстоятельство может быть обусловлено количеством хромофорных групп в ЛГВ. Следует отметить, что величина коэффициента A , рассчитанная для ультрафиолетовой области оказалась равной 4,00 у ЛГВ обыкновенного чернозема и 4,33 у ЛГВ темно-каштановой почвы, то есть в данном случае наблюдается хорошая корреляция величины коэффициента A со спектрофотометрическими кривыми.

Значения коэффициента $Q_{4/6}$ как и в случае коэффициента A , самые низкие у ЛГВ оподзоленного чернозема и темно-каштановой почвы, а самые высокие – у ЛГВ солончака автоморфного и солонца мелкого степного. Из этого можно сделать вывод, что в исследуемых почвах меньше всего электрофильных группировок содержат ЛГВ солонца мелкого степного, а в наибольшей степени ими обогащены ЛГВ оподзоленного чернозема и темно-каштановой почвы. В целом, величины коэффициентов цветности $Q_{4/6}$ в меньшей степени соответствуют спектрофотометрическим кривым по сравнению с коэффициентом A . Наряду с этим коэффициент $Q_{4/6}$ варьирует в более широких пределах, а его значения выше, и в ряде случаев весьма существенно, чем значения коэффициента A .

Что касается коэффициентов экстинкции, или E -величин, то отмечается очень хорошее совпадение их значений с характером электронных спектров поглощения, более близкое, чем коэффициента A , и тем более коэффициента цветности $Q_{4/6}$.

На ИК-спектрах ЛГВ исследованных почв (снятых на спектрофотометре UR-20 методом таблетирования с KBr) наиболее четко выражены полосы поглощения в интервалах $900-1800\text{ см}^{-1}$ и $2800-3600\text{ см}^{-1}$.

В области $2800-3600\text{ см}^{-1}$ ЛГВ имеют однотипные ИК-спектры поглощения. Определяющей здесь является интенсивная и широкая полоса поглощения при $3420-3440\text{ см}^{-1}$, имеющая сложную природу. Появление ее обусловлено колебаниями групп $-\text{OH}$, связанных межмолекулярными водородными связями и, частично, валентными колебаниями групп $-\text{NH}$. Кроме того, в этой области проявляется поглощение и за счет адсорбционной воды.

Судя по величине индекса поглощения (J_0),

показывающего интенсивность монохроматического излучения, прошедшего через исследуемый препарат, наибольшую интенсивность эта полоса имеет у ЛГВ темно-каштановой слабосолонцеватой почвы ($J_0 = 1,46$); самую низкую интенсивность поглощения в этом диапазоне имеют лабильные гумусовые вещества дерново-слабоподзолистой почвы ($J_0 = 2,41$).

Полосы поглощения при 2920 и 2860 см^{-1} обусловлены асимметричными и симметричными валентными колебаниями С-Н в метиленовых и метильных группах алифатических структур, участвующих в формировании ЛГВ. Самая высокая их интенсивность отмечается у ЛГВ темно-каштановой почвы ($J_0 = 2,19$) и ЛГВ солончака и солонца (J_0 равны 2,71 и 2,73 соответственно); самая низкая – у ЛГВ дерново-подзолистой почвы ($J_0 = 3,50$). Ряд слабовыраженных полос поглощения в области 3100-3320 см^{-1} ($J_0=1,64-2,12$) обусловлен наличием в ЛГВ азотсодержащих группировок. Слабовыраженная полоса поглощения при 3250 см^{-1} , проявляющаяся на ИК-спектрах ЛГВ черноземов и темно-каштановой почвы может быть связана с колебаниями группы –СН ароматических соединений.

Таким образом, в области 2600-3800 см^{-1} на ИК-спектрах ЛГВ наиболее характерными являются полосы поглощения при 2920 см^{-1} и 3420-3440 см^{-1} . Самая высокая интенсивность этих полос поглощения установлена у ЛГВ темно-каштановой почвы, солончака и солонца, самая низкая – обнаруживается у ЛГВ дерново-подзолистой почвы.

На ИК-спектрах ЛГВ в области 900-1800 см^{-1} (рис.2) основными являются полосы поглощения при 1020-1070 см^{-1} , 1300-1500 см^{-1} и 1500-1700 см^{-1} .

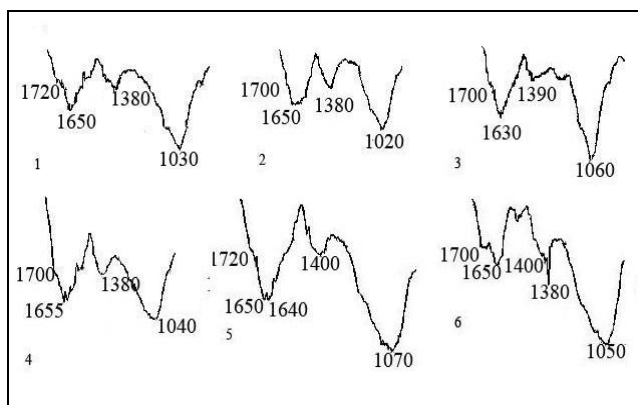


Рис. 2. ИК-спектры поглощения ЛГВ в области 900-1800 см^{-1}

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 – дерново-подзолистая почва, | 4 – темно-каштановая почва, |
| 2 – чернозем оподзоленный, | 5 – солонец, |
| 3 – чернозем обыкновенный, | 6 – солончак |

В области волновых чисел менее 1100 см^{-1} на ИК-спектрах ЛГВ имеется широкая и интенсивная полоса поглощения. Считается, что поглощение в этой области обычно обусловлено углеводами и различными спиртами. Наибольшая интенсивность полосы поглощения этих компонентов наблюдается у ЛГВ солончака ($J_0=1,26$), несколько меньшая у ЛГВ темно-каштановой почвы ($J_0=1,32$), а также у ЛГВ солонца и обыкновенного чернозема ($J_0=1,45$). Более низкую интенсивность этой полосы поглощения имеют ЛГВ оподзоленного чернозема ($J_0=1,69$) и особенно ЛГВ дерново-подзолистой почвы ($J_0=2,02$). Наряду с основной полосой поглощения в этой области имеется еще ряд слабовыраженных полос поглощения. Вследствие перекрытия

основной полосой, они проявляются, как правило, в виде очень незначительных пиков или перегибов на спектрофотометрической кривой.

В области 1300-1500 см^{-1} на ИК-спектрах ЛГВ отмечается одна интенсивная полоса поглощения. Происхождение ее обусловлено симметричными и антисимметричными деформационными колебаниями –CH₂ и –CH₃ групп алифатических углеводородных цепочек. У ЛГВ оподзоленного чернозема и солончака она проявляется при 1380 см^{-1} с индексами поглощения 2,21 и 1,73 соответственно, у ЛГВ обыкновенного чернозема она сдвинута к 1390 см^{-1} и имеет $J_0 = 2,33$. У ЛГВ дерново-подзолистой и темно-каштановой почв, а также солонца полоса поглощения имеет двухвершинный облик с максимумами при 1380 и 1400-1410 см^{-1} и индексами поглощения 3,58 и 3,52, 1,80 и 1,77, 2,41 и 2,40 соответственно.

В области 1500-1700 см^{-1} на ИК-спектрах ЛГВ также имеется ряд различных по положению и интенсивности полос поглощения. Наибольшую интенсивность имеет полоса поглощения при 1650 см^{-1} , или полоса амид I, свидетельствующая об обогащенности ЛГВ азотсодержащими группировками. Наряду с этой полосой, в области 1510-1640 см^{-1} на ИК-спектрах ЛГВ имеется еще ряд полос поглощения, причем отдельные из них, особенно при 1630 см^{-1} и 1640 см^{-1} близки или аналогичны по интенсивности поглощения полосе при 1650 см^{-1} . Большинство из них скорее всего также обусловлены наличием в ЛГВ азотсодержащих компонентов. В области 1500-1570 см^{-1} обнаруживается полоса поглощения амид II. Полосы поглощения при 1600-1610 см^{-1} скорее всего принадлежат связи С=C ароматических компонентов, присутствующих в молекулах ЛГВ, хотя нельзя исключить и влияние связи С=C алифатических структур, а также азотсодержащих групп и адсорбированной воды.

Полоса поглощения при 1700-1730 см^{-1} вызывается преимущественно карбоксильной группой. Она, как правило, слабо проявляется и выражена в виде перегиба на кривой и за исключением ЛГВ темно-каштановой почвы ($J_0 = 1,77$) характеризуется слабым поглощением ($J_0 = 2,23-3,89$), что обусловлено невысокой окисленностью ЛГВ.

Выводы. 1. Обнаруживается лучшее совпадение значений Е-величин с характером электронных спектров поглощения, чем коэффициента А, и тем более коэффициента цветности Q_{4/6}. Значения оптической плотности и Е-величин ЛГВ убывают в следующей последовательности: ЛГВ оподзоленного чернозема > ЛГВ обыкновенного чернозема > ЛГВ темно-каштановой почвы > ЛГВ солонца > ЛГВ дерново-подзолистой почвы > ЛГВ солончака. В этом же направлении упрощается строение ЛГВ. 2. Согласно данным ИК-спектроскопии, ароматические компоненты и кислородсодержащие группировки не играют определяющей роли в структуре ЛГВ, при этом наиболее упрощенное строение имеет ЛГВ дерново-подзолистой почвы и солончака.

Литература

- Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. – М.: Иностранная литература. 1963. 590 с.
- Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: изд-во МГУ, 1981, 272 с.
- Рукагантамбара Хамуду, Мамонтов В.Г., Кончиц В.А. Термический анализ лабильных гумусовых веществ // Плодородие, 2006. №3 (30), С. 23-26.
- Черников В.А., Кончиц В.А. Сравнение показателей цветности (Q_{4/6} и А) растворов гумусовых веществ дерново-подзолистой почвы и чернозема // Доклады ТСХА. 1972, вып. 176, С. 45-49.