

ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФРАКЦИЙ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА АГРЕГАТОВ ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ

© 2017 г. В. А. Холодов, В. А. Иванов, Ю. Р. Фарходов,
Н. А. Сафронова, З. С. Артемьева, Н. В. Ярославцева

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева,
Россия, 119017 Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2*

e-mail: vkholod@mail.ru

Изучены спектры поглощения фракций органического вещества в ультрафиолетовой и видимой областях. Исследованы спектры водорастворимого органического вещества, лабильных гуминовых веществ и гуминовых веществ, выделяемых из мелких, средних и крупных агрегатов типичных черноземов многолетних опытов (Курская область). Использованы образцы чернозема типичного, отобранные в ежегодно косимой степи, и чернозема с экстремальной деградацией органического вещества (вариант многолетнего опыта – бессменный черный пар с 1964 г.) На основе полученных спектров рассчитаны параметры оптических показателей SUVA₂₅₄, E₂/E₃, E₄/E₆. Наибольшие различия между агрегатами разного размера отмечались в вытяжках растворенного органического вещества. Для лабильных гуминовых веществ различия были меньше. В гуминовых веществах разницы между оптическими показателями для разных агрегатов одного вида использования черноземов не выявлено. Показано, что все три параметра изменяются не единообразно, таким образом являясь независимыми показателями, и для наиболее полной характеристики спектров следует использовать все три параметра.

Ключевые слова: лабильные гуминовые вещества, растворенное органическое вещество, почвенные агрегаты, многолетние полевые опыты, УФ-видимая спектроскопия, SUVA₂₅₄, E₂/E₃, E₄/E₆

DOI: 10.19047/0136-1694-2017-90-56-72

ВВЕДЕНИЕ

Органическое вещество (**ОВ**) почв является важным компонентом биосферы. Оно во многом определяет плодородие почв, значимо участвует в глобальном круговороте углерода, влияет на устойчивость почв к негативным воздействиям ([Орлов, 1992](#)). Органическое вещество почв – сложная система, поэтому для его изучения в зависимости от целей исследования выделяют те или иные

фракции. Это могут быть фракции, различающиеся по размерам, морфологии, плотности, устойчивости к температурным воздействиям, биодegradации, а также растворимости в различных экстрагентах ([Тюрин, 1965](#); [Тюрин, Найденкова 1951](#); [Хан, 1969](#); [Elliott, 1986](#); [Jastrow, 1996](#); [Six et al., 1998](#); [Six et al., 2000](#); [Когут и др., 2009](#); [Артемьева, 2010](#); [Когут и др., 2010](#); [Gregorich et al., 2015](#)).

Большинство приемов фракционирования призваны выделить две глобальные части неживого ОВ: это устойчивую во времени и быстро оборачиваемую. Первая фракция обеспечивает накопление ОВ с большим сроком оборота во времени, поддерживает устойчивость и буферность почв. Быстро оборачиваемое ОВ является источником доступного для растений азота, способствует активному формированию водоустойчивости структуры, поставляет вещество для устойчивой части почвы, способствует восстановлению структуры. При этом фракции ОВ, оцениваемые различными методами, часто коррелируют между собой в зависимости от их функциональности. Например, показана строгая корреляция между содержанием термолabileго вещества и количеством минерализуемого микроорганизмами углерода ([Gregorich et al., 2015](#)).

Фракции, выделяемые на основе растворимости, исторически первыми использованы для изучения ОВ. Большую роль в разработке данной методологии внес И.В. Тюрин. Им разработан ряд схем выделения ОВ из почвы ([Тюрин, 1965](#); [Тюрин, Найденкова 1951](#)). Одним из путей характеристики получаемых фракций является спектроскопия в ультрафиолетовой (УФ) и видимой областях ([Кононова, 1963](#)). С развитием других подходов этот метод утратил популярность в силу низкой информативности и высокой трудоемкости. Однако в последнее время с появлением приборов, автоматически считывающих УФ–видимый спектр, и автоматических анализаторов углерода, трудоемкость метода заметно уменьшилась, а информативность напротив повысилась. В настоящее время характеристика фракций ОВ с помощью УФ–видимых спектров является перспективным экспресс-методом ([Yan et al., 2016](#)).

Для описания УФ–видимых спектров обычно используют три основных дескриптора. Первый – параметр SUVA₂₅₄ – относительная ароматичность, который рассчитывают как отношение поглощения при 254 нм от содержания в растворе углерода, он общепринят при анализе природных вод ([Vergnoux et al., 2011](#); [Yan et al.,](#)

[2016](#)). Второй показатель – E4/E6, широко используемый в отечественном и зарубежном почвоведении: отношение интенсивностей в спектре при длине волн 465 и 665 нм, характеризующий цветность ОВ ([Кононова, 1963](#)), часто называют степенью гумификации. Третий показатель – E2/E3 – отношение интенсивностей при 250 и 365 нм также часто рассматривают как степень гумификации ОВ ([Vergnoux et al., 2011](#)). Однако сопоставление параметров E2/E3 и E4/E6 показывает, что они могут характеризовать разные аспекты строения ОВ. Исходя из физико-химических параметров спектрофотометрии, показатель E4/E6 можно рассматривать как отношение содержания ароматических фрагментов к алифатическим, в то время как показатель E2/E3, как отношение содержания неокисленных ароматических структур к окисленным ([Зигбан и др., 1971](#)).

В результате появляется задача сопоставления указанных показателей на детерминированных объектах с целью выяснения их пригодности как дескрипторов гумификации. Наиболее подходящими объектами для данных исследований являются многолетние опыты. Кроме того, перспективно оценить перечисленные показатели для разных фракций ОВ, различающихся по степени разложивности, а для большей детерминированности объектов исследовать не средние образцы почв, а предварительно выделенные агрегаты.

Цель работы – изучение УФ-видимых спектров поглощения фракций гуминовых веществ, лабильных гуминовых веществ, растворимых органических веществ, выделенных из мелких, средних и крупных агрегатов типичных черноземов многолетних опытов разного вида использования. В качестве видов использования выбраны контрастные варианты черноземов по балансу органического вещества: бессменный черный пар и степь.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали типичные черноземы ([Классификация..., 1977](#)) (согласно международной классификации ФАО – Chernozem ([Word Rreference Base..., 2015](#))) многолетних полевых опытов, различающихся интенсивностью воздействия на почву: “бессменный черный пар с 1964 г.” и “заповедная ежегодно косимая степь”. Таким образом, в первом случае в почву уже более 50 лет не поступало свежее растительное вещество, а второй

вариант является типичным для ненарушенного степного чернозема с установившимся балансом ОБ.

Образцы типичного чернозема варианта “бессменный черный пар с 1964 г.” – далее в тексте обозначается “пар” – отбирали на длительном многолетнем полевом опыте Почвенного института им. В.В. Докучаева на территории Курского НИИ АПП (опыт заложен в 1964 г.), а вариант “ежегодно косимая степь” – далее в тексте обозначается “степь” – в Центрально-черноземном государственном биосферном заповеднике им. В.В. Алехина. Эти участки расположены достаточно близко друг от друга (около 20 км).

Для отбора образцов закладывали площадку опробования радиусом 5 м. В качестве образца отбирали полный объем, занимаемый почвой, примерно $15 \times 15 \times 25$ см, массой около 5 кг, глубина отбора 0–15 см. Такой подход позволяет избежать потерь и искусственного перераспределения размерных фракций агрегатов в процессе отбора. Образцы высушивали на воздухе. Из полученных образцов сухим просеиванием выделяли мелкие 0.5–0.25 мм, средние 2–1 мм и крупные 10–7 мм агрегаты. Фракции выбраны в связи с тем, что предыдущие работы с данными объектами дают веские основания предполагать разные механизмы трансформации ОБ для этих размеров агрегатов ([Сысуев, 2005](#); [Холодов и др., 2016](#)).

Содержание углерода в образцах определяли сухим сжиганием в токе кислорода, оно составило 2.4 и 5.4% для пара и степи соответственно. Кроме того, оценена водостойчивость образцов методом просеивания в воде ([Вадюнина, Корчагина, 1986](#)). На основе полученных данных рассчитан средневзвешенный диаметр водостойчивых агрегатов ([Шеин, 2006](#)). Этот показатель составил 0.5 и 4.9 мм для вариантов пар и степь соответственно.

Из образцов агрегатов выделены три фракции, различающиеся по растворимости:

- фракция растворимого органического вещества (**РОВ**), ее извлекали водной вытяжкой;
- фракцию лабильных гуминовых веществ (**ЛГВ**) извлекали прямой 0.1 М NaOH вытяжкой;
- фракцию гуминовых веществ (**ГВ**) экстрагировали 0.1 М NaOH вытяжкой из почвы, предварительно декальцинированной 0.1 М HCl.

РОВ извлекали очищенной водой, не содержащей CO_2 , с удельным сопротивлением 18 Мом см. Отношение почва : вода по массе составило 1 : 5. Закрытую суспензию встряхивали 8 ч, затем отделяли РОВ от осадка центрифугированием.

ЛГВ выделяли методом Тюрина ([Тюрин, Найденкова, 1951](#)) в модификации Когута–Булкиной ([Когут, Булкина, 1987](#)). Все манипуляции аналогичны выделению РОВ, только в качестве экстрагента использовали 0.1 М NaOH, приготовленный на очищенной воде, не содержащей CO_2 , с удельным сопротивлением 18 Мом см.

Фракция ГВ представляет собой сумму фракций 1 и 2 по Тюрину ([1965](#)), также ее можно рассматривать как ГВ, извлекаемые в ходе их препаративного выделения без отделения фульвокислот от гуминовых ([Холодов и др., 2015](#)). Для извлечения ГВ навеску почвы подкисляли 1 М HCl до pH 1 суспензии, затем добавляли 0.1 М HCl до отношения почва : раствор, равного 1 : 5. Суспензию встряхивали 4 ч, затем отделяли супернатант центрифугированием. Осадок нейтрализовывали 1 М NaOH до pH 7, затем добавляли 0.1 М NaOH до отношения почва : раствор 1 : 5. Суспензию встряхивали 8 ч, затем отделяли ГВ от осадка центрифугированием. Все реактивы готовили на очищенной воде, не содержащей CO_2 , с удельным сопротивлением 18 МОм см.

В полученных вытяжках оценивали содержание ОВ на основе концентрации органического углерода. Определение проводили на анализаторе общего углерода TOC-VCSH, Shimadzu.

Структуру ОВ полученных фракций исследовали методом УФ–видимой спектроскопии. Для возможности сравнения спектров аликвоты всех фракции переносили в фосфатный буфер с pH 6.8 и ионной силой 0.03 М.

УФ–видимые спектры снимали на спектрофотометре Shimadzu UV-1800 в диапазоне 200–800 нм, раствором сравнения служил фосфатный буфер. На основе полученных данных рассчитывали показатели: SUVA₂₅₄, E₂/E₃ и E₄/E₆.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выход фракций ОВ оценивали по содержанию органического углерода ($C_{\text{орг}}$, мг/л) в вытяжках 1 : 5. Данные приводятся в табл. 1.

Количественный выход органического вещества в вытяжках закономерно возрастает в ряду РОВ, ЛГВ, ГВ. Интересно отметить,

что лабильных форм ОВ (РОВ и ЛГВ) больше в структурных отдельностях варианта пар, а ГВ экстрагируется больше в варианте степь. Известно, что РОВ и ЛГВ связываются с поступлением свежего органического вещества и с формированием водоустойчивости структуры (Six et al., 2000). Однако в данном случае вариант степь характеризуется гораздо большей водоустойчивостью по сравнению с паром (Холодов и др., 2016). Кроме того, вариант опыта бесчёрный пар подразумевает отсутствие на нем растительности в течение всего вегетационного сезона и, соответственно, отсутствие поступления растительных остатков в почву, опыт проводится с 1964 г. Таким образом, при экстракции водой и щелочью без декальцирования извлекаются не только ОВ, недавно попавшие в почву, но и продукты разрушения относительно “старого” ОВ. При этом лабильные продукты деструкции ОВ не придают почве водоустойчивости. Следует отметить, что по содержанию углерода в вытяжках существенных различий между агрегатами не выявлено.

Полученные величины концентрации углерода были использованы для нормирования оптических плотностей в спектрах и расчета показателя SUVA₂₅₄.

Для примера, на рис. 1 приводятся спектры, нормированные на содержание углерода, полученные для фракций ОВ, выделенных из агрегатов 2–1 мм типичных черноземов в вариантах – ежегодно косимая степь и бесчёрный пар.

Спектры фракций ОВ других структурных отдельностей в целом были близки к аналогичным фракциям агрегатов 2–1 мм.

При анализе спектров обращает на себя внимание высокая оптическая плотность в спектре РОВ ежегодно косимой степи. Для области 200–300 нм оптическая плотность РОВ в этом варианте

Таблица 1. Содержание $C_{орг}$ в вытяжках из агрегатов типичных черноземов для вариантов использования степь и пар, мг/л

Размер агрегатов, мм	РОВ		ЛГВ		ГВ	
	степь	пар	степь	пар	степь	пар
0.5–0.25	3	5	6	11	25	19
2–1	2	5	5	11	26	18
10–7	3	5	6	11	21	18

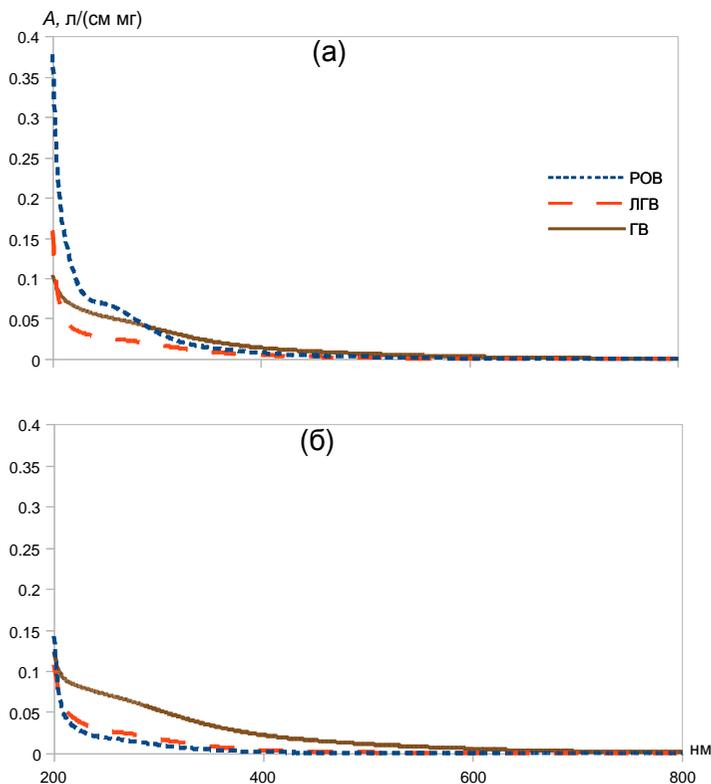


Рис. 1. УФ–видимые спектры поглощения, нормированные на содержание углерода фракций ОВ, выделенных из агрегатов 2–1 мм ежегодно косимой степи (а) и бессменного пара (б).

превышает показатели для ЛГВ и ГВ. В варианте пар такого эффекта не наблюдается: оптическая плотность РОВ в структурных отдельностях этой почвы заметно ниже по сравнению с другими фракциями, при этом ее спектр подобен спектру ЛГВ этого варианта. В свою очередь спектр ЛГВ варианта пар аналогичен спектру ЛГВ варианта степь, а спектры ГВ обоих вариантов ведут себя одинаково.

Выше отмечено большое количество лабильных ОВ, которые извлекаются из чернозема под паром, вероятно, это продукты разрушения устойчивых ОВ. Сопоставление спектров РОВ, ЛГВ и ГВ

обеих почв указывает на иной характер спектра РОВ варианта степи по сравнению со всеми остальными вариантами, полученными как из пара, так и из степи. В то же время спектры ЛГВ и ГВ весьма сходны. Таким образом, учитывая, что фракция ЛГВ включает в себя и РОВ, а водоустойчивость структуры во многом обеспечивается ОВ лабильных фракций ([Six et al., 2000](#)), и факт, что водоустойчивость варианта степь гораздо выше по сравнению с вариантом пар, наиболее вероятно предположить, что водоустойчивость структуры чернозема обеспечивается в первую очередь фракцией РОВ.

Для количественной характеристики спектров поглощения рассчитаны параметры SUVA₂₅₄, E₂/E₃ и E₄/E₆.

На рис. 2. приводятся значения параметра SUVA₂₅₄ рассматриваемых фракций ОВ для агрегатов разных размеров черноземов в вариантах использования пар и степь.

SUVA₂₅₄ отражает содержание ароматических фрагментов в ОВ ([Weishaar et al., 2003](#)). В варианте пар этот параметр закономерно снижается при переходе от ГВ к ЛГВ и далее к РОВ. Учитывая особенности этого опыта – тотальное доминирование процессов разложения ОВ – можно заключить, что при разложении ГВ преимущественно разрушаются молекулы с меньшим содержанием ароматических фрагментов. Видимо, этим объясняется меньшее значение параметра SUVA₂₅₄ во фракции ГВ в варианте степь по сравнению с вариантом пар. При этом показатель SUVA₂₅₄ для ЛГВ варианта степь (0.025–0.030 л/(см мг)) практически не отличается от варианта пар (0.027–0.030 л/(см мг)). Однако этой фракции из варианта пар извлекается почти в два раза больше. Возможно, что во фракции, которую традиционно относят к ЛГВ и считают новообразованными гуминовыми веществами, доминируют продукты деструкции гуминовых веществ.

Величины SUVA₂₅₄ фракции РОВ в варианте степь (0.032–0.049 л/(см мг)) существенно превышают таковые для ЛГВ этого варианта и РОВ варианта пар (0.017–0.021 л/(см мг)). Вероятно, учитывая, что ЛГВ включает в себя и ОВ, которые экстрагируются водой, РОВ варианта степь содержит большую долю свежеступивших в почву ОВ.

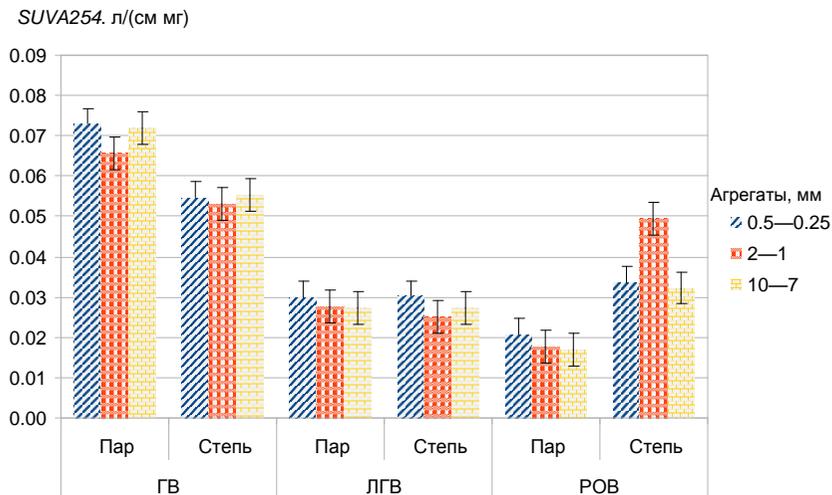


Рис. 2. Значения параметра SUVA₂₅₄ для фракций РОВ, ЛГВ и ГВ, извлекаемых из агрегатов разных размеров типичных черноземов в вариантах использования пар и степь.

Сравнение SUVA₂₅₄ между агрегатами показывает, что этот показатель у РОВ агрегатов 2–1 мм варианта степь существенно выше по сравнению с РОВ других агрегатов.

Показатель E2/E3 отражает отношение максимума поглощения, связанного с ароматическими фрагментами к полосе поглощения электронного переноса ([Korshin et al., 1997](#)). Полученные значения этого показателя приводятся на рис. 3.

Для обоих вариантов показатель E2/E3 возрастает в ряду ГВ, ЛГВ, РОВ. Таким образом, в ряду во фракциях ОВ увеличивается доля зон электронного переноса (двойные связи, ковалентные, неполярные связи у углерода бензольного конца, функциональные группы) и уменьшается доля ароматических фрагментов.

Различия между агрегатами выявляются для ЛГВ и РОВ. Среди фракций ЛГВ показатель E2/E3 был меньше в агрегатах 0.5–0.25 мм в варианте степь по сравнению с другими агрегатами этого варианта. Характеристики E2/E3 РОВ из агрегатов различаются для

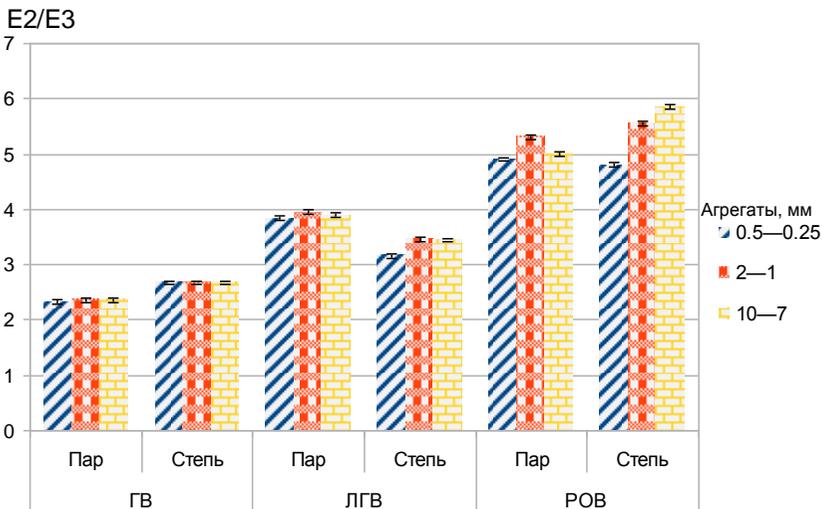


Рис. 3. Значения параметра E2/E3 для фракций РОВ, ЛГВ и ГВ, извлекаемых из агрегатов разных размеров типичных черноземов в вариантах использования пар и степь.

разных размеров в обоих вариантах. В варианте степь показатель увеличивается вместе с размерами агрегатов. В варианте бессменный пар значения для мелких (0.5–0.25 мм) и крупных (10–7 мм) агрегатов близки, а для РОВ агрегатов 2–1 мм – выше.

Дескриптор E4/E6 отражает отношение ароматических фрагментов ОВ к алифатическим. Полученные значения приводятся на рис. 4. В отличие от вышерассмотренных показателей параметр E4/E6 не образовывал ряд ГВ, ЛГВ, РОВ. Максимум наблюдали для ЛГВ, затем РОВ и ГВ. Для ГВ этот показатель был несколько выше в варианте степь, а для ЛГВ – в варианте пар, для РОВ – величины были примерно одинаковыми в обеих почвах.

Различия между агрегатами, как и в случае E2/E3, выявляются для ЛГВ и РОВ, однако тенденции наблюдаются иные. Так, показатель E4/E6 для ЛГВ, в варианте пар был меньше в агрегатах

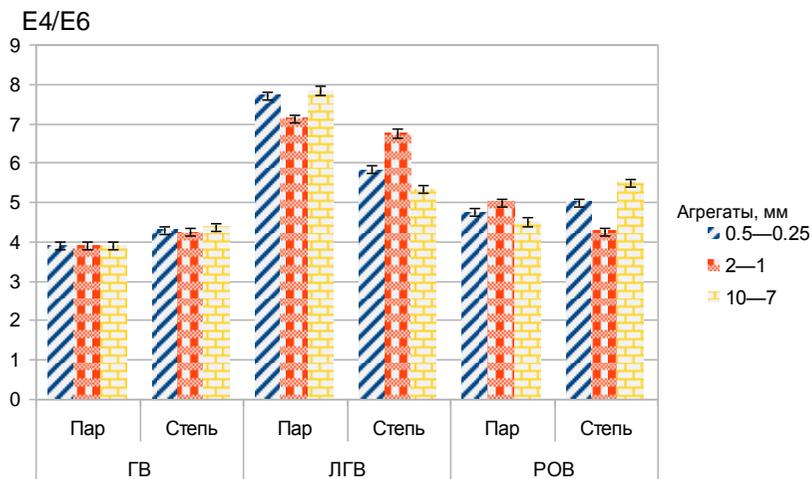


Рис. 4. Значения параметра E4/E6 для фракций РОВ, ЛГВ и ГВ, извлекаемых из агрегатов разных размеров типичных черноземов в вариантах использования пар и степь.

2–1 мм, чем в двух других. В варианте степь наоборот для 2–1 мм наблюдали максимум, затем следовали ЛГВ агрегатов 0.5–0.25 и 10–7 мм.

Характеристики E4/E6 РОВ из агрегатов различаются в обоих вариантах. В варианте степь наименьший показатель характерен для агрегатов 2–1 мм, затем следует РОВ из 0.5–0.25 и 10–7 мм. Для варианта пар наибольшее значение РОВ из 2–1 мм, после РОВ из 0.5–0.25 и 10–7 мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Продемонстрировано различие трех рассмотренных параметров, характеризующих спектр поглощения почвенного ОВ. Они изменяются не единообразно, следовательно, характеризуют независимые аспекты строения ОВ. В связи с этим перспективно совместное использование этих дескрипторов для характеристики ОВ оптическими методами.

Иногда показатели E2/E3 и E4/E6 называют степенью гумификации, степенью разложенности или подобными терминами. Прделанная работа демонстрирует, что использование термина “степень гумификации” не до конца оправдано: показатель E4/E6 характеризует максимум для фракции ЛГВ, в то время как наибольшая степень гумификации по условиям опыта должна быть во фракции ГВ, а использование E2/E3 требует дальнейшего исследования. Следует отметить, что в отечественной школе E4/E6 называют коэффициентом цветности, а не степенью гумификации.

Показатель E4/E6 обычно обратно связан с молекулярными размерами ОВ, а для E2/E3 отмечают обратную корреляцию с молекулярным весом и ароматичностью, SUVA₂₅₄ отражает содержание ароматических фрагментов ([Peuravuori, Pihlaja 1997](#); [Stack et al., 2015](#); [Thurman, 1985](#)). В связи с этим при совместном использовании этих оптических дескрипторов правильнее трактовать наблюдаемые различия и (или) изменения в характеристиках ОВ, отражаемые этими показателями.

Благодарность. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-01503 с привлечением оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием “Функции и свойства почв и почвенного покрова” Почвенного института им. В.В. Докучаева.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Артемяева З.С. Органическое вещество и гранулометрическая система почвы](#). М: ГЕОС, 2010. 240 с.
2. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
3. *Зигбан К., Нордлинг К., Фальман А.* Электронная спектроскопия. М.: Мир, 1971. 493 с.
4. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
5. *Козут Б.М., Булкина Л.Ю.* Сравнительная оценка воспроизводимости методов определения лабильных форм гумуса черноземов // Почвоведение. 1987. №7. С. 38–45.
6. *Козут Б.М., Титова Н.А., Булеева В.С.* [Антропогенная трансформация качественного состава гумуса черноземов Каменной степи](#) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2009. Вып. 64. С. 41–49.

7. Когут Б.М., Шульц Э., Титова Н.А., Холодов В.А. [Органическое вещество гранулоденсиметрических фракций целинного и пахотного типичного чернозема](#) // Агрехимия. 2010. № 8. С. 3–9.
8. Кононова М.М. Органическое вещество почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 315 с.
9. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. 401 с.
10. Сысеев С.А. Содержание и состав органического вещества агрегатов черноземов: Автореф. дис. ... канд. с.-х наук. М., 2005. 24 с.
11. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. 320 с.
12. Тюрин И.В., Найденова О.А. К характеристике состава и свойств гуминовых кислот, растворимых в разведенных щелочах непосредственно и после декальцирования // Тр. Почв. ин-та АН СССР. 1951. Т. 38. С. 59–64.
13. Хан Д.В. Органо-минеральные соединения и структура почвы. М.: Наука, 1969. 140 с.
14. Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Константинов А.И., Перминова И.В. [Препаративный выход и свойства гуминовых кислот при последовательных щелочных экстракциях](#) // Почвоведение. 2015. № 10. С. 1222–1231. doi: 10.7868/S0032180X15100056
15. Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Лазарев В.И., Фрид А.С. [Интерпретация данных агрегатного состава типичных черноземов разного вида использования методами кластерного анализа и главных компонент](#) // Почвоведение. 2016. № 9. С. 1093–1100. doi: 10.7868/S0032180X16090070
16. Шеин Е.В. Курс физики почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. 432 с.
17. Gregorich E.G., Gillespie A.W., Beare M.H., Curtin D., Sanei H., Yanni S.F. Evaluating biodegradability of soil organic matter by its thermal stability and chemical composition // Soil Biol. Biochem. 2015. V. 91(12). P. 182–191. doi: [10.1016/j.soilbio.2015.08.032](#)
18. Elliott E.T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils // Soil Sci. Soc. Am. J. 1986. V. 50. P. 627–633. doi: [10.2136/sssaj1986.03615995005000030017x](#)
19. Jastrow J.D. Soil aggregate formation and the accrual of particunes, mineral associated organic matter // Soil Biol. Biochem. 1996. V. 28. P. 657–676. doi: [10.1016/0038-0717\(95\)00159-X](#)
20. Korshin G.V., Li C.W., Benjamin M.M. Monitoring the properties of natural organic matter through UV spectroscopy: A consistent theory // Water Research. 1997. V. 31(7). P. 1787–1795. doi: [10.1016/S0043-1354\(97\)00006-7](#)
21. Peuravuori J., Pihlaja K. Molecular size distribution and spectroscopic properties of aquatic humic substance // Anal. Chim. Acta. 1997. V. 337. P. 133–149. doi: [10.1016/S0003-2670\(96\)00412-6](#)

22. *Six J., Elliott E.T., Paustian K., Doran J.W.* Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils // *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1998. V. 62. P.1367–1377. doi: [10.2136/sssaj1998.03615995006200050032x](https://doi.org/10.2136/sssaj1998.03615995006200050032x)
23. *Six J., Paustian K., Elliott E. T., Combrink C.* Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon // *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2000. V. 64. P. 681–689. doi: [10.2136/sssaj2000.642681x](https://doi.org/10.2136/sssaj2000.642681x)
24. *Thurman E.M.* Organic Geochemistry of Natural Waters. Springer Verlag GMBH, 1985. 497 p. doi: [10.1007/978-94-009-5095-5](https://doi.org/10.1007/978-94-009-5095-5)
25. *Vergnoux A., Di Rocco R., Domeizel M., Guiliano M., Doumenq P., Theraulaz F.* Effects of forest fires on water extractable organic matter and humic substances from Mediterranean soils: UV–vis and fluorescence spectroscopy approaches // *Geoderma*. 2011. V. 160 (3–4). P. 434–443. doi: [10.1016/j.geoderma.2010.10.014](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.10.014)
26. *Weishaar J.L., Aiken G.R., Bergamaschi B.A., Fram M.S., Fujii R., Mopper K.* Evaluation of Specific Ultraviolet Absorbance as an Indicator of the Chemical Composition and Reactivity of Dissolved Organic Carbon // *Environ. Sci. Technol.* 2003. V. 37(20). P. 4702–4708. doi: [10.1021/es030360x](https://doi.org/10.1021/es030360x)
27. IUSS Working Group WRB. 2015. [World reference base for soil resources 2014](https://www.fao.org/soils-portal/soil-classification-soil-survey/world-reference-base-for-soil-resources-2014/), update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Report 106. FAO. Rome.
28. *Yan M., Dryer D., Korshin G.V.* Spectroscopic characterization of changes of DOM deprotonation–protonation properties in water treatment processes // *Chemosphere*. 2016. V. 148(4). P. 426–435. doi: [10.1016/j.chemosphere.2016.01.055](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.01.055)

THE OPTICAL CHARACTERISTICS OF AGGREGATES ORGANIC MATTER FRACTIONS IN TYPICAL CHERNOZEMS

**V. A. Kholodov, V. A. Ivanov, Ju. R. FarKhodov,
N. A. Safronova, Z. S. Artemyeva, N. V. Jaroslavceva**

*V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
per. Pyzhevskii 7, Moscow, 119017 Russia*

The consumption specters of organic matter fractions in ultraviolet and visible parts of specter (UV–visible specters) were investigated. The specters of soluted organic matter, as well as labile humic matters and humic matters themselves, which were extracted from small, medium and large aggregates from typical chernozems of long-term experiments were investigated. The samples of

undisturbed chernozems, which are annually collected in the annually hayed steppe and from the chernozem with extreme organic matter degradation, were used (variant of long-termed experiment – irreplaceable black fallow since 1964). On the basis of specters obtained the parameters of optical indices SUVA₂₅₄, E₂/E₃, E₄/E₆ were calculated. The highest differences between the aggregates were revealed in extracts of organic matter. The differences were lower for labile humic matters. There were no differences revealed for humic matters between the optical indices for different aggregates of one type of chernozems use. It is shown that all of the three parameters are not changed symbasically. Hence, all of the three parameters should be used for complete spectral characteristic.

Keywords: labile humic matters, soluted organic matter, soil aggregates, long-term field experiments, UV-visible spectroscopy, SUVA₂₅₄, E₂/E₃, E₄/E₆

REFERENCES

1. Artemyeva Z.S. *Organic matter and granulometric soil system*, Moscow, GEOS, 2010, 240 p. (In Russian)
2. Vadjunina A.F., Korchagina Z.A. *Methods for studying the physical properties of soils*, Moscow: Agropromizdat, 1986, 416 p. (In Russian)
3. Zigban K., Nordling K., Falman A. *Electronic spectroscopy*, Moscow, Mir Publ., 1971, 493 p. (In Russian)
4. *Classification and diagnostics of soils of the USSR*, Moscow, Kolos, Publ., 1977, 223 p. (In Russian)
5. Kogut B.M., Bulkina L.Yu. Comparative evaluation of the reproducibility of methods for determining the labile forms of humus in chernozems, *Pochvovedenie*, 1987, No. 7, pp. 38–45. (In Russian)
6. Kogut B.M., Titova N.A., Buleeva V.S. [Anthropogenic transformation of the qualitative composition of humus of chernozems of the Kamennaya Steppe](#), *Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*, 2009, V. 64, pp. 41–49. (In Russian)
7. Kogut B.M., Shultz E., Titova N.A., Kholodov V.A. Organic matter of granulodensimetric fractions of virgin and arable typical chernozem, *Agrokhimiya*, 2010, № 8, pp. 3–9. (In Russian)
8. Kononova M.M. *Organic matter of the soil*, Moscow, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1963, 315 p. (In Russian)
9. Orlov D.S. *Chemistry of soils*, Moscow: Mosk. University Publ., 1992, 401 p. (In Russian)
10. Sysuev S.A. *The content and composition of organic matter of aggregates of chernozems*: Author's abstract. dis. ... cand. s.-h sciences, Moscow, 2005, 24 p. (In Russian)

11. Tyurin I.V. *Organic matter of the soil and its role in fertility*, Moscow: Nauka, 1965, 320 p. (In Russian)
12. Tyurin I.V., Naidenova O.A. *To the characterization of the composition and properties of humic acids soluble in dilute alkalis directly and after decalcification*, Tr. Soil. Institute of the Academy of Sciences of the USSR, 1951, V. 38, pp. 59–64. (In Russian)
13. Khan D.V. *Organo-mineral compounds and soil structure*, Moscow, Nauka, 1969. 140 p. (In Russian)
14. Kholodov V.A., Yaroslavtseva N.V., Konstantinov A.I., Perminova I.V. Preparative Yield and Properties of Humic Acids Obtained by Sequential Alkaline Extractions,' *Eurasian Soil Science*, 2015, V. 48 (10), pp. 1101–1109. doi: [10.1134/S1064229315100051](https://doi.org/10.1134/S1064229315100051)
15. Kholodov V.A., Yaroslavtseva N.V., Lazarev V.I., Frid A.S. Interpretation of Data on the Aggregate Composition of Typical Chernozems under Different Land Use by Cluster and Principal Component Analyses, *Eurasian Soil Science*, 2016, V. 49 (9), pp. 1026-1032. doi: [10.1134/S1064229316090076](https://doi.org/10.1134/S1064229316090076)
16. Shein E.V. *Course of soil physics*, Moscow: Mosk. Univ. Publ., 2005, 432 p. (In Russian)
17. Gregorich E.G., Gillespie A.W., Beare M.H., Curtin D., Sanei H., Yanni S.F. Evaluating biodegradability of soil organic matter by its thermal stability and chemical composition, *Soil Biol. Biochem.* 2015. V. 91(12). P. 182–191. doi: [10.1016/j.soilbio.2015.08.032](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.08.032)
18. Elliott E.T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1986. V. 50. P. 627–633. doi:[10.2136/sssaj1986.03615995005000030017x](https://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000030017x)
19. Jastrow J.D. Soil aggregate formation and the accrual of particulate, mineral associated organic matter, *Soil Biol. Biochem.* 1996. V. 28. P. 657–676. doi: [10.1016/0038-0717\(95\)00159-X](https://doi.org/10.1016/0038-0717(95)00159-X)
20. Korshin G.V., Li C.W., Benjamin M.M. Monitoring the properties of natural organic matter through UV spectroscopy: A consistent theory, *Water Research.* 1997. V. 31(7). P. 1787–1795. doi: [10.1016/S0043-1354\(97\)00006-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00006-7)
21. Peuravuori J., Pihlaja K. Molecular size distribution and spectroscopic properties of aquatic humic substance, *Anal. Chim. Acta.* 1997. V. 337. P. 133–149. doi: [10.1016/S0003-2670\(96\)00412-6](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(96)00412-6)
22. Six J., Elliott E.T., Paustian K., Doran J.W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1998. V. 62. P.1367–1377. doi: [10.2136/sssaj1998.03615995006200050032x](https://doi.org/10.2136/sssaj1998.03615995006200050032x)
23. Six J., Paustian K., Elliott E. T., Combrink C. Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2000. V. 64. P. 681–689. doi:[10.2136/sssaj2000.642681x](https://doi.org/10.2136/sssaj2000.642681x)

24. Thurman E.M. *Organic Geochemistry of Natural Waters*. Springer Verlag GMBH, 1985. 497 p. doi: [10.1007/978-94-009-5095-5](https://doi.org/10.1007/978-94-009-5095-5)
25. Vergnoux A., Di Rocco R., Domeizel M., Guiliano M., Doumenq P., Theraulaz F. Effects of forest fires on water extractable organic matter and humic substances from Mediterranean soils: UV-vis and fluorescence spectroscopy approaches, *Geoderma*. 2011. V. 160 (3–4). P. 434–443. doi: [10.1016/j.geoderma.2010.10.014](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.10.014)
26. Weishaar J.L., Aiken G.R., Bergamaschi B.A., Fram M.S., Fujii R., Mopper K. Evaluation of Specific Ultraviolet Absorbance as an Indicator of the Chemical Composition and Reactivity of Dissolved Organic Carbon, *Environ. Sci. Technol.* 2003. V. 37(20). P. 4702–4708. doi: [10.1021/es030360x](https://doi.org/10.1021/es030360x)
27. IUSS Working Group WRB. 2015. [World reference base for soil resources 2014](https://doi.org/10.1016/j.worldres.2014.12.001), update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Report 106. FAO. Rome.
28. Yan M., Dryer D., Korshin G.V. Spectroscopic characterization of changes of DOM deprotonation–protonation properties in water treatment processes, *Chemosphere*. 2016. V. 148(4). P. 426–435. doi: [10.1016/j.chemosphere.2016.01.055](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.01.055)

Ссылки для цитирования

Холодов В.А., Иванов В.А., Фарходов Ю.Р., Артемьева З.С., Сафронова Н.А., Ярославцева Н.В. Оптические характеристики фракций органического вещества агрегатов типичных черноземов // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2017. Вып. 90. С. 57-73. doi: 10.19047/0136-1694-2017-90-56-72

Kholodov V. A., Ivanov V. A., Farkhodov Yu. R., Artemyeva Z. S., Safironova N. A., Yaroslavtseva N. V. The Optical Characteristics of Aggregates Organic Matter Fractions in Typical Chernozems, *Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*, 2017, Vol. 90, pp. 57-73. doi: 10.19047/0136-1694-2017-90-56-72