

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ (ОБЗОР)**

**Коротевский Егор Андреевич**, бакалавр, институт Агробиотехнологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, gngtnrgc1528@gmail.com

**Курников Фёдор Евгеньевич**, бакалавр, институт Агробиотехнологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, kurnikov.fedar@yandex.ru

**Дятлов Илья Сергеевич**, аспирант, институт Агробиотехнологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева; ylia-d@yandex.ru

*Аннотация:* В работе освещены современные методы исследования органического вещества почвы. Описываются различные современные методы (термические, фракционирования и ИК спектроскопии с преобразованием Фурье). Приводятся основные технические нюансы при использовании, а также положительные и отрицательные стороны методов.

*Ключевые слова:* методы; почва; гумус; органическое вещество; ДТА; ТГА; ДСК; ИК-Фурье спектроскопия; Фракционирование.

### **Введение**

В современной литературе нет сравнительного анализа и системного обзора современных методов исследования органических веществ почвы. Для понимания формирования органического вещества (и процессов почвообразования в целом) необходимо полноценное глубокое исследование его ключевых компонентов. К современным методам исследования органических веществ почвы относится: Дифференциально-термический анализ (ДТА); Термогравиметрический анализ (ТГА); Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК); ИК-Фурье спектроскопия; Фракционирование.

### **ДТА, ТГА, ДСК**

Термогравиметрический анализ (ТГА) – показывает изменение (потерю) массы исследуемого образца органических веществ почвы при нагревании [1; 2].

Дифференциально-термический анализ (ДТА) – показывает скорость разложения исследуемого образца при конкретных температурах [1; 2].

Дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК) – с помощью данного показателя судят о энтальпии протекающей реакции (экзотермических и эндотермических реакциях) [1; 2].

Группа термических методов, применяющаяся в исследованиях комплексно для полной оценки проходящих с объектом исследования (веществом; почвой; растением и т.д.) превращений и термохимических

реакций при контролируемом постепенном нагревании/охлаждении в кислородной и инертной среде [1; 2; 5]. Применяется как для описания содержания в почве органических веществ – гумуса (в том числе и ЛОВ) с разделением на термически стабильный и термически не стабильный пул; воды; глинистых минералов и карбонатов [1], а также для качественного изучения термохимических характеристик гумусовых и фульвокислот; гумина почв [2].

При изучении термохимических характеристик анализируют такие характеристики как интервалы реакций ( $T_k - T_n$ ), температура начала ( $T_n$ ) и температура окончания реакции ( $T_k$ ); потерю масс при разных температурах ( $\Delta m$ ); энтальпию реакции (эндо-; экзо-); энергию активации термической деструкции ( $E_a$ ) – обычно рассчитывают методом Райха-Фуосса.

Приведённые анализы как для самих образцов горизонтов почв, так и для экстрагированных гумусовых веществ возможно проводить на модифицированных дериватографах Q-1500D [1; 2] и других. Скорость нагрева используют  $5^\circ\text{C}/\text{мин}$  (для изучения термостабильности гуминовых в-в) и  $10^\circ\text{C}/\text{мин}$  (для определения органических и других в-в в почвенном образце), конечная температура нагревания для обоих процессов –  $1000^\circ\text{C}$  [1; 2].

Параллельно с комплексом термохимическими анализами почвенных образцов проводят комплексное физико-химическое обследование почв – определяют содержание органического углерода ( $C_{\text{орг.}}$ ); карбонаты определяют ацидиметрическим методом; ЕКО – методом Бобко–Аскинази под модификацией ЦИНАО,  $pH_{\text{водн.}}$  – с помощью pH-метра; гранулометрический состав – методом пипетки с обработкой пирофосфатом натрия.

При термохимическом анализе гумусовых веществ проводят ИК-Фурье спектроскопию исследуемых образцов [2; 3].

#### ИК-Фурье спектроскопия

В почвоведении и других науках применяется для установления типов химических связей и химических групп, а также идентификации и описания целых органических соединений [3; 4]. Является качественным приборным методом.

Исследования проводят в диапазоне  $100\text{--}4000\text{ см}^{-1}$  [3; 4].

Для изучения химического строения гумусовых веществ почвы применяются 2 методологических подхода по получению спектров:

#### 1) Таблетки KBr

Суть метода: техника, предложенная в 1952 году, основана на прессовании смеси тонкоизмельченного образца и порошка KBr в прозрачную таблетку. Для повышения качества процесса рекомендуется вакуумирование пресс-формы.

#### Преимущества:

- Практически отсутствуют мешающие полосы поглощения.
- Концентрацию образца можно легко контролировать.

- Образцы в виде таблеток удобно хранить.

Недостатки:

- Существует риск изменения кристаллической структуры полиморфных веществ.
- В спектрах проявляются полосы поглощения воды (1640 и 3450  $\text{см}^{-1}$ ), адсорбированной гигроскопичным KBr.
- Возможны химические реакции между KBr и некоторыми пробами (например, с металлоорганическими соединениями).

2) Суспензия в вазелиновом масле с использованием предметных стёкол с бромидом калия (KBr)

При подготовке проб к анализу необходимо тонко перемолоть исследуемое вещество так, чтобы частицы были меньше лучей.

Перемолотый материал помещается в вазелиновом особо чистом вазелиновом масле помещается на предметное стекло из бромида калия и прижимается вторым стеклом из бромида калия.

Существенным недостатком метода является сильное поглощение сигналов в области валентных и деформационных колебаний СН-связей органических веществ (2800-3000  $\text{см}^{-1}$  и 1350-1500  $\text{см}^{-1}$ ).

**Фракционирование**

Для фракционного изучения составов органического вещества почв используют следующие методы фракционирования:

- Биологическое
- Денсимитрическое
- Гранулометрическое
- Химическое (фракционирование растворами)
- Термическое

***Биологическое фракционирование***

Основывается на микробиологическом разложении органического вещества почв из активного пула микроорганизмами до  $\text{CO}_2$ . По количеству выделенного углекислого газа оценивают содержание активного пула органического вещества почвы.

Преимущество: углерод  $\text{CO}_2$  учитывается напрямую.

Недостатки: Длительность метода (до года); даёт данные только о количестве активного пула органических веществ.

***Денсимитрическое фракционирование***

Основывается на значительной разнице минеральной части почвы плотностью 2,4  $\text{г/см}^3$  и растительного опада с плотностью около 1  $\text{г/см}^3$ . С помощью таких физических воздействий как ультразвук и механическую обработку можно достичь выделения внутреагрегатных органических веществ почвы разделяя его по плотности, тем самым получая различные фракции органического вещества. Что позволяет получить расширенный пул данных.

К минусам метода можно отнести невозможность получения микробиологических и биохимических данных при использовании тяжёлых жидкостей (выше 1,4 г/см<sup>3</sup>). Кроме того, из-за отсутствия стандартизации данных невозможно сравнивать данные получаемыми разными авторами использующих разный набор жидкостей.

### ***Гранулометрическое фракционирование***

В основе лежит разделение почвенных частиц в диапазоне от 250 до 10(50) мкм. Для разделения на фракции используют:

1) диспергацию почвы без жёсткого разрушения с последующей фильтрацией через сита.

2) Центрифугирование

Авторы, использующие данный метод разделяют фракции на:

- Более 250 мкм – устойчивые агрегаты
- 63-250 мкм – микроагрегаты
- Менее 63 мкм – неагрегатные частицы

К первой фракции (более 250 мкм) часто применяют денсиметрическое фракционирование [5].

В микроагрегатах содержится большое количество грубого органического вещества и лигнина. А в фракции менее 63 мкм содержатся вещества, обогащённые азотом.

К плюсам метода можно отнести возможность изучения биологической активности из-за отсутствия угнетения биологических процессов.

Недостатком метода считается невозможность установления генезиса частиц в одной размерной фракции.

Часто гранулометрический метод дополняют денсиметрическим для получения более точной теоретической картины процессов.

### ***Химическое фракционирование растворами***

Этот метод классический и был впервые предложен И.В. Тюриным. Ниже приведём классическую методологическую схему исследования фракций в одной навеске образца:

- Фракция воско-смол (раствором спиртобензольная смеси)
- Фракция после декальцинирования почвы
- ГК и ФК, связанные с кальцием и подвижными полуторными окислами (выделяются 0.1 М NaOH после декальцинирования)
- ГК и ФК, предположительно связанные с силикатными формами полуторных окислов (выделяются попеременной обработкой 0.1 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и 0.1 М NaOH)
- Гуминовые вещества (ГВ), не извлекаемые описанными приемами, – негидролизуемый остаток, называемый гумином

- Для отдельной навески: лабильные гуминовые вещества (ЛГВ) – выделяются 0.1 М NaOH вытяжкой без предварительной обработки образца исследуемой почвы. Её используют для оценки подвижного орг.

Плюс метода – возможность дальнейшего изучения полученных фракций.

Главным недостатком метода является недоступность изучения негидролизуемого остатка – гумина. Содержание гумина в почвах обычно варьирует в диапазоне 50-80% [5].

### ***Термическое фракционирование***

Позволяет высокоэффективно разделять органическое вещество почв на термолабильную и термостабильную фракцию. К термолабильной фракции относятся не полимеризованные, которые при нагревании до 250-390 градусов переходит в газовую фракцию при этом не происходит крекинга. Данные вещества доступны микроорганизмам.

При этом термостабильные вещества переходят в ГФ при более высоких температурах чем термолабильные. При этом возможно частичное или полное разрушение полимеров.

Зачастую связка термического фракционирования с газовой хроматографией и массдетекцией позволяет высокоэффективно определять состав органических веществ в фракциях и их качественно-количественному определению.

### **Заключение**

Приведённые методы дают широкий спектр химических и физических свойств органических веществ почв, который напрямую связан с множеством факторов – удобрения и продолжительность их применения, растительность, состав микробиома и т.д. [1; 2; 3; 4; 5], что позволяет комплексно и полноценно описывать процессы почвообразования протекающие в горизонтах различных почв.

### **Список литературы**

1. Исследование стабильности почвенного органического вещества методами дериватографии и длительной инкубации / Д. А. Соколов, И. И. Дмитриевская, Н. Б. Паутова [и др.] // Почвоведение. – 2021. – № 4. – С. 407-419. – DOI 10.31857/S0032180X21040146. – EDN ABUIV.
2. Исследование качественного состава гумусовых кислот дерново-подзолистой почвы методом термического анализа / С. Л. Белопухов, С. Э. Старых, А. Н. Куприянов, М. В. Григорьева // Природообустройство. – 2020. – № 3. – С. 36-45. – DOI 10.26897/1997-6011-2020-3-36-45. – EDN WHZQKY.
3. Изучение влияния длительного применения удобрений на органическое вещество дерново-подзолистой почвы методом ИК-спектроскопии / С. Э. Старых, А. Н. Куприянов, С. Л. Белопухов, М. А. Мазиров // Агрохимический

вестник. – 2019. – № 2. – С. 17-22. – DOI 10.24411/0235-2516-2019-109999021. – EDN ZFALQT.

4. Эффекты стабилизации гумусовых соединений под действием бентонитовой породы как критерии экологической устойчивости агроэкосистемы дерново-подзолистых почв / А. В. Козлов, А. Х. Куликова, И. П. Уромова, Р. И. Румянцев // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 1. – С. 133-138. – DOI 10.25750/1995-4301-2021-1-133-138. – EDN LPHYIB.

5. Органическое вещество и минеральная матрица почв: современные подходы, определения терминов и методы изучения (обзор) / В. А. Холодов, О. Б. Рогова, М. П. Лебедева [и др.] // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2023. – № 117. – С. 52-100. – DOI 10.19047/0136-1694-2023-117-52-100. – EDN THZFLF.

## ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА ПОЧВЕННЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ

*Маркова Арина Олеговна, студентка 1 курса Института зоотехнии и биологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, [fengreen07@mail.ru](mailto:fengreen07@mail.ru) (Научный руководитель - **Каменных Наталья Львовна**, к. б. н., доцент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, [nl-povetkina@mail.ru](mailto:nl-povetkina@mail.ru))*

*Аннотация:* В данной статье рассматривается влияние органического вещества на почвенную микробиоту. Оно является ключевым фактором регулирования численности и биомассы микроорганизмов, потому что является для них источником пищи и средообразующим фактором.

*Ключевые слова:* почвенные микроорганизмы, лабильное органическое вещество, стабильное органическое вещество, г- и к-стратегии.

Изучение почвы является основополагающим принципом в агропромышленном комплексе, поскольку более 95% продовольствия производится на почвах. Для современной России сельское хозяйство - одна из ключевых высокотехнологичных отраслей экономики России (Путин В. В., 2024).

Почва включает в себя неорганическую часть, органическую и живые организмы.

Органическое вещество представляет собой совокупность органических компонентов в пределах почвенного профиля. Его можно разделить на лабильное, то есть легкодоступное, и стабильное - труднодоступное. Под лабильным органическим веществом следует понимать свежие неразложившиеся вещества любого происхождения, детрит и органические