

УДК 631.8:631.417.1:631.412

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ПОМОЩИ ДЕРИВАТОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ

*Ускова Нелли Вячеславовна, аспирант кафедры Экологии  
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, nelly\_uskova@mail.ru*

***Аннотация:** Проведено исследование влияния длительного применения систем удобрения на качественный и количественный состав гумуса методом совмещенного термогравиметрического и дифференциального термического анализа. Благодаря этому анализу были получены данные о соотношении периферической и центральной частей гумусовых веществ, а так же массовые доли компонентов по величине потери массы.*

***Ключевые слова:** дериватографический метод исследования, дерново-подзолистая почва, длительный полевой опыт, качественный состав гумуса, энергия активации.*

В настоящее время в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства необходимо обращать большое внимание на гумусовое состояние почв. Контроль за состоянием органического вещества почвы является одним из важнейших факторов управления плодородием [1]. Для того, чтобы дать полную характеристику плодородия почв, важно определять не только содержание гумуса в почве, но и давать оценку его качественному составу. Именно при изучении структуры гумусовых веществ появляется возможность регулировать состав и свойства гумусовых соединений [2]. Для решения вопросов, относящихся к структуре гумусовых веществ, широко применяются физико-химические методы анализа [3].

Термографический метод анализа основан на зависимости свойств вещества от температуры с получением термограмм, на которых изображены 4 типа кривых: температурная (Т), дифференциально-термическая (ДТА), термогравиметрическая (ТГ) и дифференциально-термогравиметрическая

(ДТГ) [3,4]. При исследовании почвы методом термографического анализа основной является зависимость строения и прочности гумусовых веществ от температуры. При интерпретации результатов анализа термические эффекты разделяют на низко- и высокотемпературную область, которые соответствуют периферической и центральной частям гумусовых веществ. По величине температуры термоэффектов в этих областях судят о прочности связей в структуре гумусовых веществ, а по количеству эффектов — о количестве компонентов в периферической и центральной частях.

Цель работы: Дать количественную и качественную оценку органического вещества почвы при помощи термографического метода анализа по материалам длительного полевого опыта РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

В качестве объекта исследования был выбран длительный полевой опыт РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Он был заложен А.Г. Дояренко в 1912 году. В опыте изучаются 3 фактора: севооборот, удобрение и известкование.

Образцы для исследования были отобраны с делянок, занятых бессменно возделываемыми озимой рожью и картофелем. Для исследования были выбраны 4 системы удобрения - органоминеральная (навоз 20 т/га, N — 100 кг/га, P - 150 кг/га, K - 120 кг/га), органическая (навоз 20 т/га), минеральная (N - 100 кг/га, P — 150 кг/га, K - 120 кг/га) и контрольный вариант (без удобрений). Образцы были отобраны с известкованных и неизвесткованных участков [5].

В рамках термографического метода исследования был проведен совмещенный термогравиметрический и дифференциальный термический анализ почвенных образцов с использованием дериватографа системы Паулик - Паулик - Эрдей. Данный прибор представляет собой комплексное термоаналитическое устройство, при помощи которого у одной и той же пробы измеряется температура (Т), изменение массы (ТГ), скорость изменения массы (ДТГ) и изменение содержания тепла (ДТА) [4].

В результате проведения анализа были получены термограммы, по ним нами были определены термические эффекты, которые были разделены на 3 группы: удаление адсорбционной воды, периферической части гумусовых веществ и центральной части гумусовых веществ. По каждому из термических эффектов была определена массовая доля данного компонента в образце, а так же рассчитано соотношение массовых долей периферической и центральной частей (Z). Данные, полученные для вариантов с картофелем, представлены в таблице 1.

При сравнении контрольных вариантов с известью и без нее можно заметить, что хоть и соотношение периферической части к центральной и одинаковое, но при внесении извести наблюдается повышение температуры при термодеструкции компонентов органического вещества, а так же увеличивается энергия активации реакции термодеструкции. Таким образом, внесение извести повышает прочность молекул гумусовых веществ.

Внесение минеральных удобрений в неизвесткованном варианте дало увеличение количества компонентов центральной части молекул гумусовых

веществ, а так же увеличение температуры разрушения центральной части (на 184°) и энергии активации реакции термодеструкции (почти на 10000 кДж/кг), что говорит об увеличении прочности молекул гумусовых веществ. А в известкованном варианте с минеральными удобрениями мы видим так же 2 компонента в центральной части, но температура для их разрушения увеличивается. Однако увеличение соотношения периферической части к центральной говорит о негативной тенденции, т.к. наблюдается сдвиг в сторону увеличения доли периферической и уменьшения доли центральной частей.

Таблица 1

**Результаты термографического анализа для вариантов с картофелем**

Вариант опыта	Гигроскопическая вода в образце*	Периферическая часть		Центральная часть		Отношение периферической части к центральной (Z)	Энергия активации реакции термодеструкции (Еакт, кДж/кг)
		Эффекты*	Суммарная массовая доля, %	Эффекты*	Суммарная массовая доля, %		
Контроль без извести	$\frac{90,8}{19,0}$	$\frac{280,2}{27,9}$	27,9	$\frac{497,3}{36,5}$ $\frac{683,4}{16,6}$	53,1	0,5	7762,0
Контроль + извести	$\frac{98,0}{19,7}$	$\frac{300,6}{28,0}$	28,0	$\frac{522,9}{30,7}$ $\frac{701,2}{21,6}$	52,3	0,5	11304,6
НРК без извести	$\frac{101,9}{12,1}$	$\frac{303,0}{29,3}$	29,3	$\frac{467,8}{27,7}$ $\frac{521,1}{7,8}$ $\frac{625,5}{9,0}$ $\frac{867,3}{14,1}$	58,6	0,5	17003,9
НРК + извести	$\frac{98,4}{11,5}$	$\frac{332,8}{34,7}$	34,7	$\frac{535,5}{30,2}$ $\frac{922,8}{23,5}$	53,8	0,6	16816,5
Навоз без извести	$\frac{94,2}{15,6}$	$\frac{321,7}{34,4}$	34,4	$\frac{516,0}{32,5}$ $\frac{676,2}{1,7}$ $\frac{940,1}{6,8}$	49,9	0,7	18575,7
Навоз + извести	$\frac{68,2}{7,3}$	$\frac{304,6}{34,3}$	34,3	$\frac{505,8}{33,9}$ $\frac{659,6}{24,5}$	58,5	0,6	12774,7
НРК + навоз без извести	$\frac{108,2}{15,1}$	$\frac{320,8}{32,0}$	32,0	$\frac{455,3}{25,0}$ $\frac{499,9}{7,2}$ $\frac{600,8}{10,8}$ $\frac{918,0}{9,8}$	52,9	0,6	16371,4
НРК + навоз + извести	$\frac{105,8}{10,5}$	$\frac{338,6}{34,0}$	34,0	$\frac{534,0}{25,0}$ $\frac{724,4}{20,5}$	55,5	0,6	14258,1

\* ————— Температура эффекта, С  
 Масовая доля компонента. % от потери массы

Внесение минеральных удобрений в неизвесткованном варианте дало увеличение количества компонентов центральной части молекул гумусовых веществ, а так же увеличение температуры разрушения центральной части (на 184°) и энергии активации реакции термодеструкции (почти на 10000 кДж/кг),

что говорит об увеличении прочности молекул гумусовых веществ. А в известкованном варианте с минеральными удобрениями мы видим так же 2 компонента в центральной части, но температура для их разрушения увеличивается. Однако увеличение соотношения периферической части к центральной говорит о негативной тенденции, т.к. наблюдается сдвиг в сторону' увеличения доли периферической и уменьшения доли центральной частей.

Улучшение гумусового состояния мы наблюдаем в варианте с органической системой удобрения без извести. Здесь наблюдается появление третьего компонента в центральной части гумусового вещества, а так же значительное повышение температуры деструкции центральной части (до 940°). Об увеличении прочности центральной части, по сравнению с известкованным вариантом, так же говорит и увеличение энергии активации реакции термодеструкции. Так же увеличение доли периферической части делает более труднодоступной для разрушения центральную. При сравнении известкованных вариантов минеральной, органической и органоминеральной систем удобрения особых отличий мы не видим. Во всех их них обнаружен один компонент в периферической и по три компонента в центральной части, соотношение между периферической и центральной частями составляет 0,6 во всех трех вариантах. Наилучший результат обнаружен в органоминеральной системе без известкования. Здесь мы видим наибольшее количество компонентов центральной части (4 компонента) и практически самую высокую температуру их разрушения (в органической системе удобрения без извести температура выше, но там и компонентов меньше, и массовая доля центральной части меньше).

Данные, полученные для вариантов с озимой рожью, представлены в таблице 2.

В контрольном варианте при бессменном возделывании озимой ржи, в отличие от картофеля, в центральной части гумусовых веществ присутствует по 3 компонента, здесь меньше отношение периферической части к центральной, а так же выше энергия активации реакции термодеструкции.

В варианте с минеральной системой удобрения без извести мы наблюдаем увеличение количества компонентов в периферической части до 2, а так же уменьшение в центральной, тоже до 2 компонентов. Внесение извести в варианте с минеральными удобрениями улучшает гумусовое состояние почвы. Здесь мы видим, что количество компонентов центральной части увеличилось до 5 и значительно возросла температура их разрушения, а так же величина энергии активации. При сравнении известкованного и неизвесткованного варианта на органической системе удобрения мы видим, что при внесении извести увеличивается количество компонентов центральной части, а так же температура для их разрушения. Но в варианте без извести мы видим, что массовая доля компонентов центральной части больше, а так же энергия активации реакции термодеструкции значительно выше (на 8,5 тыс. кДж/кг), что говорит о более сложной структуре (с преобладанием сложных

полициклических соединений) центральной части гумусовых веществ в данном варианте.

Таблица 2

**Результаты термографического анализа для вариантов с озимой рожью**

Вариант опыта	Гигроскопическая вода в образце*	Периферическая часть		Центральная часть		Отношение периферической части к центральной (Z)	Энергия активации реакции термодеструкции (Еакт, кДж/кг)
		Эффекты*	Суммарная массовая доля	Эффекты*	Суммарная массовая доля		
Контроль без извести	$\frac{93,0}{9,5}$	$\frac{295,0}{27,9}$	27,9	$\frac{448,4}{28,2}$ $\frac{492,2}{6,1}$ $\frac{736,2}{28,3}$	62,7	0,4	10393,3
Контроль + известь	$\frac{84,4}{15,5}$	$\frac{265,5}{26,5}$	26,5	$\frac{432,8}{34,0}$ $\frac{497,5}{10,6}$ $\frac{677,2}{13,4}$	58,0	0,5	21789,6
НРК без извести	$\frac{83,3}{6,7}$	$\frac{280,4}{29,1}$	54,2	$\frac{502,5}{16,2}$ $\frac{742,1}{22,9}$	39,1	1,4	16371,4
НРК + известь	$\frac{100,9}{12,3}$	$\frac{324,8}{35,6}$	35,6	$\frac{531,3}{35,5}$ $\frac{634,3}{7,1}$ $\frac{822,3}{5,5}$ $\frac{853,4}{0,4}$ $\frac{901,9}{3,6}$	52,1	0,7	27832,2
Навоз без извести	$\frac{88,4}{11,1}$	$\frac{264,7}{20,9}$	20,9	$\frac{412,7}{31,0}$ $\frac{679,9}{37,1}$	68,1	0,3	44078,8
Навоз + известь	$\frac{92,1}{12,6}$	$\frac{307,7}{34,9}$	34,9	$\frac{427,9}{26,3}$ $\frac{502,8}{13,3}$ $\frac{686,2}{13,0}$	52,5	0,7	35571,1
НРК + навоз без извести	$\frac{93,0}{12,2}$	$\frac{299,9}{33,1}$	33,1	$\frac{418,3}{26,1}$ $\frac{494,7}{13,3}$ $\frac{673,1}{13,5}$ $\frac{726,5}{1,8}$	54,7	0,6	42988,1
НРК + навоз + известь	$\frac{102,7}{11,4}$	$\frac{398,2}{27,8}$	27,8	$\frac{526,7}{44,1}$ $\frac{721,9}{16,7}$	60,8	0,5	29297,4

\* Температура эффекта, С°  
Массовая доля компонента, % от потери массы

Так же как и для картофеля, для озимой ржи наилучший результат наблюдается в органоминеральной системе без известкования. В этом варианте мы видим, что в центральной части присутствует 4 компонента. На минеральной системе удобрения с известью мы видим 5 компонентов и температура разрушения выше, но суммарная массовая доля компонентов меньше, чем в органоминеральной системе удобрения, причем доля компонентов, разрушаемых при более высоких температурах очень мала. Так же значительно большая величина энергии активации в органоминеральной системе удобрения без извести (на 15 тыс. кДж/кг) говорит о большей прочности связей гумусовых веществ.

#### Выводы

1. Внесение извести положительно влияет на прочность связи периферической части гумусовых веществ для вариантов с картофелем, а для вариантов с озимой рожью - наоборот, периферическая часть более прочно связана в неизвесткованных вариантах. Исключением для обеих культур стала органическая система удобрения;

2. В вариантах с картофелем большая прочность и большее количество компонентов центральной части гумусовых веществ характерно для неизвесткованных вариантов, в них же наблюдается разрушение связей с монтмориллонитовыми минералами при нагревании более 900°C. А для вариантов с озимой рожью наиболее прочная и с большим количеством компонентов центральная часть гумусовых веществ характерна для органической и минеральной систем удобрения с известкованием, а так же для органоминеральной системы удобрения без известкования;

Применение извести так же способствует большему накоплению гигроскопической воды в почве всех вариантов для обеих культур

#### Библиографический список

1. Черников В.А. Изменения гумусовых соединений почвы в длительном стационарном опыте ТСХА // Плодородие - 2002. - № 4. - С.34-36.
2. Черников В.А. Комплексная оценка гумусового состояния почв // Известия ТСХА - 1987. - №6. - С. 83-94.
3. Хмельницкий Р.А., Черников В.А. Использование инструментальных методов при исследовании структуры гумусовых соединений // Известия ТСХА - 1977. - №6. - С. 193-202.
4. Белопухов С.Л., Шнее Т.В., Дмитриевская И.И. Методические указания про проведению испытаний биологических образцов методом термического анализа. - М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. - 2014.-87 с.
5. Длительный полевой опыт 1912 - 2012: Краткие итоги научных исследований/ Под ред. Академика РАСХН В.М. Баутина. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева - 2012.