

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Н.В. УСКОВА, В.А. ЧЕРНИКОВ, С.Л. БЕЛОПУХОВ

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

В условиях активного антропогенного вмешательства в почвообразовательный процесс происходит изменение качественного состава почвенного органического вещества (ПОВ). В связи с этим становится ошибочным сведение всех исследований только к изучению количественных параметров органического вещества, необходимо также проводить исследование его качественного состава. Достаточно информативными в данной области исследований являются дериватографические методы анализа, основанные на разрушении исследуемого образца при температуре и условном выделении центральной и периферической частей гумусовых веществ по способности деструкции в низко- и высокотемпературных областях. Отношение долей этих частей может служить важным показателем стабильности структуры ПОВ. Было проведено исследование влияния длительного применения систем удобрения на количественный и качественный состав гумуса, а именно, при помощи метода дериватографического анализа было определено количество компонентов в центральной и периферической частях органического вещества. Так же нами были рассчитаны энергии активации деструкции компонентов почвенного органического вещества. Исследование показало, что при бессменном возделывании картофеля внесение извести повышает температуру разрушения периферической части, но, при этом в известкованных вариантах количество компонентов и прочность центральной части ниже, чем в вариантах без внесения извести. Для озимой ржи наблюдается обратная закономерность. Известкование способствует накоплению большего количества гигроскопической влаги в почве для обеих культур. Содержание органического вещества, определенное дериватографическим методом, выше, чем определенное по методу Тюрина в модификации ЦИНАО и является более точным для определения содержания органического вещества в почве.

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

Введение

В настоящее время проблема гумусового состояния почв привлекает к себе все большее внимание в связи с увеличивающимися темпами химизации сельского хозяйства. Контролирование гумусового состояния почвы является одним из важнейших факторов управления плодородием [12]. Многолетние стационарные опыты являются хорошей базой для агроэкологического мониторинга плодородия почв. Для полноценной характеристики плодородия почв важно характеризовать не только количественный, но и качественный состав почвенного органического вещества.

Именно при изучении структуры гумусовых веществ появляется возможность регулировать состав и свойства гумусовых соединений [6,7]. Для решения вопросов, относящихся к структуре гумусовых веществ, широко применяются физико-химические методы анализа [11].

Дериватографический 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) [3,11]. При исследовании почвы методом дериватографического анализа основой является зависимость строения и прочности гумусовых веществ от температуры. При интерпретации результатов анализа термические эффекты по их способности к деструкции разделяют на низко- и высокотемпературную область, которые соответствуют периферической и центральной частям гумусовых веществ [1-2,7,11-14]. 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 почвенного органического вещества при помощи дериватографического метода анализа в Длительном полевом опыте РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Задачи :

- провести исследование почвенных образцов дериватографическим методом;
- интерпретировать полученные термограммы, рассчитать относительные доли центральной и периферической частей гумусовых веществ;
- рассчитать соотношение центральной и периферической частей гумусовых веществ и дать экологическую оценку влияния различных систем удобрения на значение этого показателя;
- рассчитать энергии активации реакций термодеструкции и оценить влияние на них длительного применения систем удобрения;
- сравнить влияние бессменного возделывания пропашной культуры (картофеля) и культуры сплошного сева (озимой ржи) на качественный состав почвенного органического вещества;
- определить содержание органического вещества методом Тюрина в модификации ЦИНАО;
- сравнить дериватографический метод и метод Тюрина в модификации ЦИНАО как методы для определения содержания органического вещества в почве.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования был выбран Длительный полевой опыт РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (рис. 1), который был заложен А.Г. Дояренко в 1912 году.

В опыте изучаются 3 фактора: севооборот, удобрение и известкование. Общая схема опыта представлена на рис. 2.

Образцы для исследования были отобраны в слое 0–20 см 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.



Рис. 1. Длительный полевой опыт РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

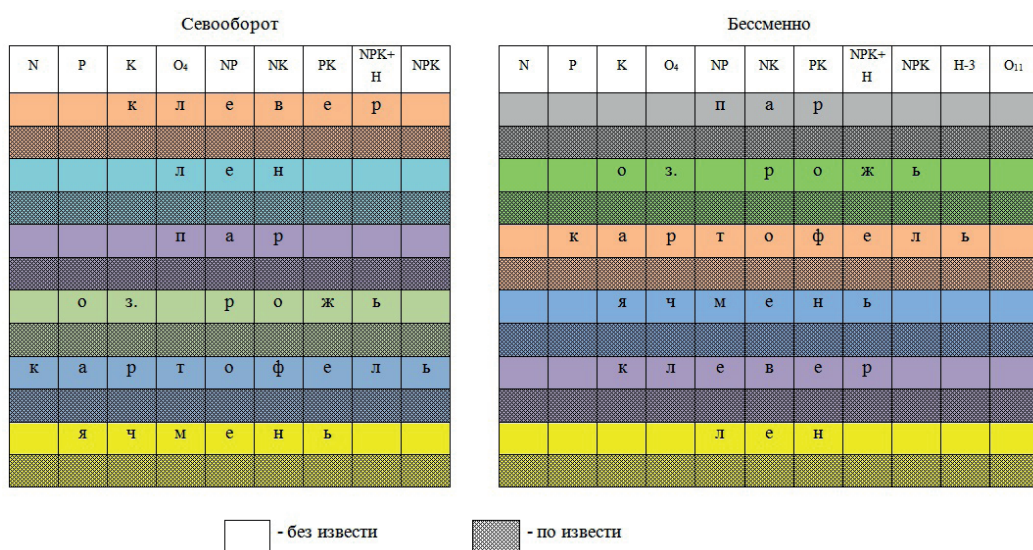


Рис. 2. Схема и план размещения культур в длительном полевом опыте РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева [5]

С 2010 г. в Длительном полевом опыте бесменно возделывают озимую рожь сорта Валдай. Картофель сорта Сатурна был включен в программу опыта в 2008 г. [5].

В качестве методов исследования применялись дериватографический метод и метод определения содержания органического вещества по Тюрину в модификации ЦИНАО. Данные об опыте и свойствах почв приведены в работе [5].

В рамках термографического метода исследования был проведен совмещенный термогравиметрический и дифференциальный термический анализ 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) [3].

В результате проведения термографического анализа были получены термограммы, которые представлены на рис. 3–10 по вариантам для картофеля, возделываемого бесменно.

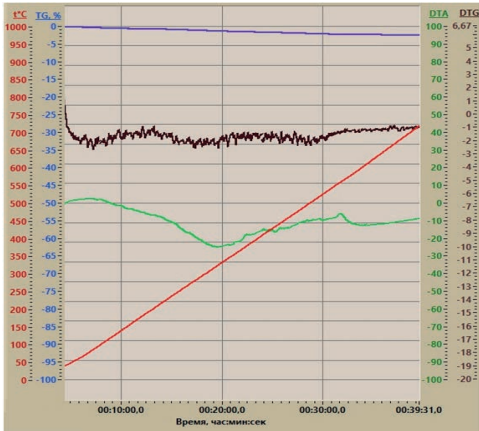


Рис. 3. Термограмма почвенного образца для варианта «контроль без извести»

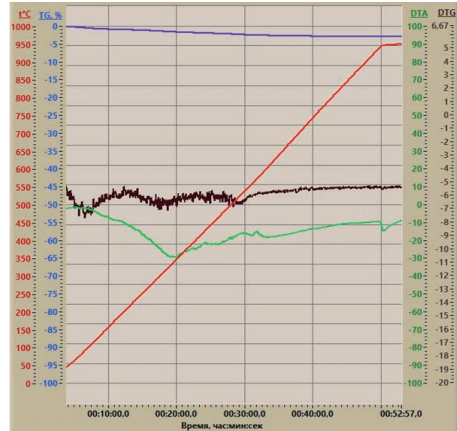


Рис. 4. Термограмма почвенного образца для варианта «контроль по извести»

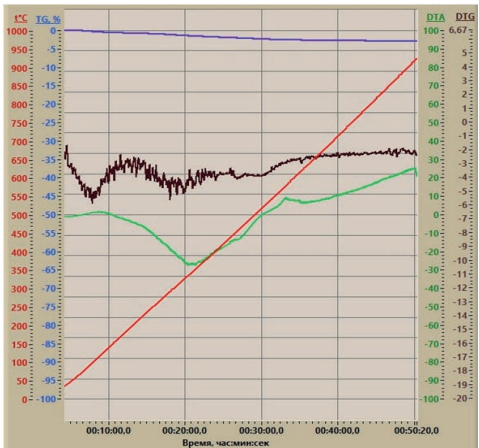


Рис. 5. Термограмма почвенного образца для варианта «NPK без извести»



Рис. 6. Термограмма почвенного образца для варианта «NPK по извести»

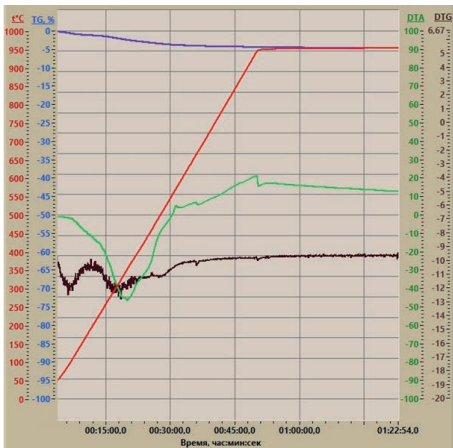


Рис. 7. Термограмма почвенного образца для варианта «навоз без извести»



Рис. 8. Термограмма почвенного образца для варианта «навоз по извести»

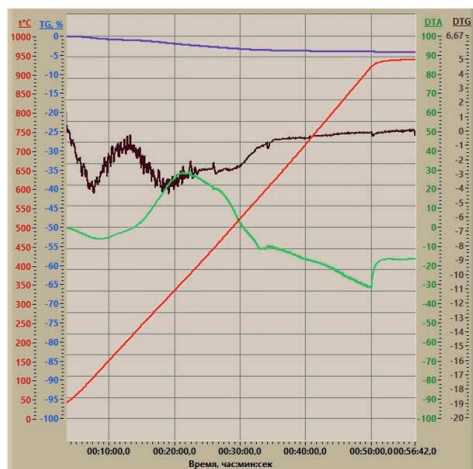


Рис. 9. Термограмма почвенного образца для варианта «NPK + навоз без извести»

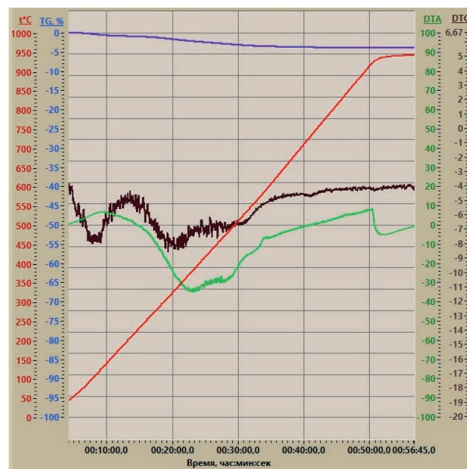


Рис. 10. Термограмма почвенного образца для варианта «NPK + навоз без извести»

По полученным термограммам 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 также рассчитано соотношение массовых долей периферической и центральной частей (Z) [4, 11]. Данные, полученные для вариантов с картофелем, представлены в таблице 1.

Термические реакции, связанные с удалением гигроскопической влаги, достигают максимальной скорости при температуре 68–108°С.

В контрольных вариантах (по извести и без нее) содержание гигроскопической влаги находится примерно на одном уровне. Но полученные данные свидетельствуют о том, что известкованный вариант более устойчив к разрушению, т.к. температура разрушения связей на 7° выше, чем в неизвесткованном варианте.

Наименьшее количество гигроскопической влаги содержится в варианте навоз + известь – 7,3%, почти в 3 раза меньше, чем в контрольных вариантах. Этот же вариант характеризуется наименьшей температурой удаления – 68°, почти на 20°С ниже контрольного варианта и является наименее прочно связанным.

Наибольшей температурой удаления гигроскопической влаги характеризуется вариант NPK + навоз без извести, наибольшим количеством гигроскопической воды (почти 20%) характеризуется вариант контроль + известь.

Разброс значений потери массы по вариантам оказался в достаточно широком диапазоне – от 7,3% от навески для органической системы удобрения с известкованием до 19,7% в контрольном варианте с известкованием. Причем по всем вариантам за исключением контрольного адсорбционной воды больше в известкованных вариантах.

В структуре периферической части гумусовых веществ по всем вариантам наблюдается одна фракция, ее трансформация происходит в диапазоне температур от 280°С в контрольном варианте без известкования до 338°С в варианте с органоминеральной системой удобрения и известкованием. Причем во всех вариантах, за исключением органической системы удобрения, наблюдается положительное влияние извести на прочность периферической части гумусового вещества, т.к. тем-

пература эффекта при разрушении периферической части выше в известкованных вариантах. Периферическая часть в общей структуре гумусовых веществ занимает примерно третью часть от всего органического вещества (от 27 до 35%).

Таблица 1

Результаты термографического анализа для вариантов с картофелем

Вариант опыта	Гигроскопическая влага 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	$\frac{91}{19,0}$	$\frac{280}{27,9}$	27,9	$\frac{497}{36,5}$ $\frac{683}{16,6}$	53,1	0,5	7762,0
Контроль + известь	$\frac{98}{19,7}$	$\frac{301}{28,0}$	28,0	$\frac{523}{30,7}$ $\frac{701}{21,6}$	52,3	0,5	11304,6
<i>Минеральная система удобрения</i>							
NPK без извести	$\frac{102}{12,1}$	$\frac{303}{29,3}$	29,3	$\frac{468}{27,7}$ $\frac{521}{7,8}$ $\frac{626}{9,0}$ $\frac{867}{14,1}$	58,6	0,5	17003,9
NPK + известь	$\frac{98}{11,5}$	$\frac{333}{34,7}$	34,7	$\frac{536}{30,2}$ $\frac{923}{23,5}$	53,8	0,6	16816,5
<i>Органическая система удобрения</i>							
Навоз без извести	$\frac{94}{15,6}$	$\frac{322}{34,4}$	34,4	$\frac{516}{32,5}$ $\frac{676}{1,7}$ $\frac{940}{6,8}$	49,9	0,7	18575,7
Навоз + известь	$\frac{68}{7,3}$	$\frac{305}{34,3}$	34,3	$\frac{506}{33,9}$ $\frac{660}{24,5}$	58,5	0,6	12774,7
<i>Органоминеральная система удобрения</i>							
NPK + навоз без извести	$\frac{108}{15,1}$	$\frac{321}{32,0}$	32,0	$\frac{455}{25,0}$ $\frac{500}{7,2}$ $\frac{601}{10,8}$ $\frac{918}{9,8}$	52,9	0,6	16371,4
NPK + навоз + известь	$\frac{106}{10,5}$	$\frac{339}{34,0}$	34,0	$\frac{534}{35,0}$ $\frac{724}{20,5}$	55,5	0,6	14258,1

Температура эффекта, С°

* Массовая доля компонента, % от потери массы

В контрольных вариантах центральная часть представлена двумя компонентами. Первый компонент известкованного варианта трансформируется при температуре на 25° более высокой, по сравнению с контролем без извести. Второй компонент центральной части является более устойчивым. В количественном отношении преобладает первый компонент центральной части.

В минеральной системе удобрения по извести также содержится 2 компонента центральной части. Под влиянием минеральных удобрений устойчивость первого компонента увеличивается на 13° .

Во всех известкованных вариантах мы видим, что центральная часть гумусовых веществ состоит всего из двух компонентов, первый из которых разрушается при 505° – 536°C , а второй при 659° – 922°C , причем термоэффекты, наблюдаемые при температурах выше 900° , скорее относятся к разрушению связи минеральной части почвы. Применение минеральных удобрений без извести увеличивает количество компонентов центральной части до 4, таким образом, наиболее прочное органическое вещество характерно для минеральной и органоминеральной систем удобрения без известкования.

О более высокой прочности гумусового вещества в неизвесткованных вариантах говорит также величина энергии активации реакций термодеструкции – ее величина выше, чем в известкованных вариантах. Причем во всех неизвесткованных вариантах, за исключением контрольного, мы наблюдаем очень высокую температуру сгорания наиболее прочносвязанного компонента, что говорит о том, что центральная часть органического вещества в этих вариантах наиболее прочная и связана с минеральной частью почвы.

Энергия активации реакции термодеструкции в контрольном варианте без извести составляет 7762 кДж/кг, а при внесении извести возрастает на $3,5$ тыс. кДж/кг, что подтверждает уже указанный факт о более высокой прочности как периферической, так и центральной частей гумусовых веществ в известкованном варианте. Во всех вариантах величина энергии активации напрямую зависит как от количества компонентов центральной и периферической частей, так и от прочности их связей.

На рис. 11–18 представлены термограммы для вариантов с бесменным возделыванием озимой ржи.

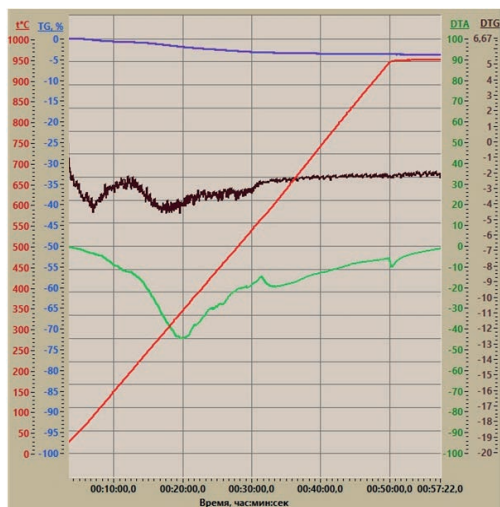


Рис. 11. Термограмма почвенного образца для варианта «контроль без извести»



Рис. 12. Термограмма почвенного образца для варианта «контроль по извести»

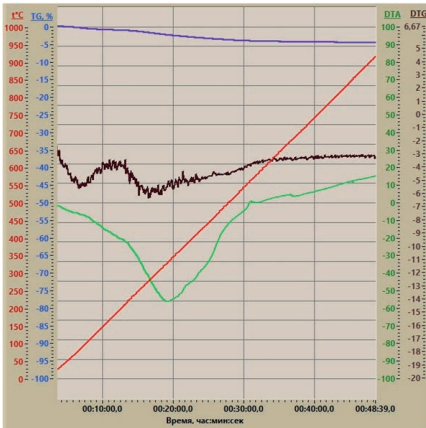


Рис. 13. Термограмма почвенного образца для варианта «NPK без извести»

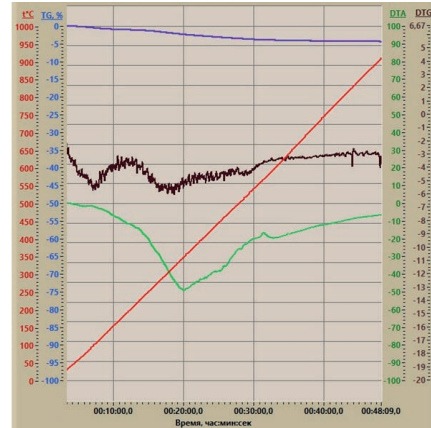


Рис. 14. Термограмма почвенного образца для варианта «NPK по извести»



Рис. 15. Термограмма почвенного образца для варианта «навоз без извести»



Рис. 16. Термограмма почвенного образца для варианта «навоз по извести»

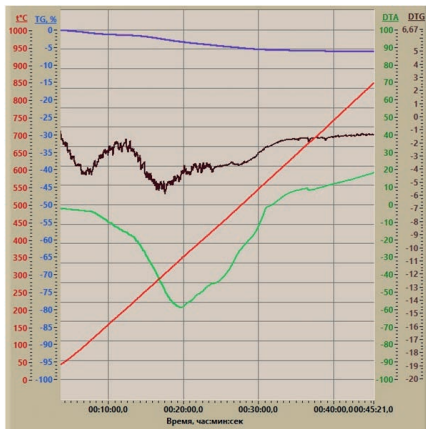


Рис. 17. Термограмма почвенного образца для варианта «NPK + навоз без извести»



Рис. 18. Термограмма почвенного образца для варианта «NPK + навоз без извести»

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

Таблица 2

Результаты термографического анализа для вариантов с озимой рожью

Вариант опыта	Гигроскопическая влага 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		
1	2	3	4	5	6	7	8
Контроль без извести	$\frac{93}{9,5}$	$\frac{295}{27,5}$	27,9	$\frac{448}{28,2}$ $\frac{492}{6,1}$ $\frac{736}{28,3}$	62,7	0,4	10393,3
Контроль + известь	$\frac{84}{15,5}$	$\frac{265}{26,5}$	26,5	$\frac{433}{34,0}$ $\frac{498}{10,6}$ $\frac{677}{13,4}$	58,0	0,5	21789,6
<i>Минеральная система удобрения</i>							
НПК без извести	$\frac{83}{6,7}$	$\frac{280}{29,1}$ $\frac{397}{25,1}$	54,2	$\frac{503}{16,2}$ $\frac{742}{22,9}$	39,1	1,4	16371,4
НПК + известь	$\frac{101}{12,3}$	$\frac{325}{35,6}$	35,6	$\frac{531}{35,5}$ $\frac{634}{7,1}$ $\frac{822}{5,5}$ $\frac{853}{0,4}$ $\frac{902}{3,6}$	52,1	0,7	27832,2
<i>Органическая система удобрения</i>							
Навоз без извести	$\frac{88}{11,1}$	$\frac{265}{20,9}$	20,9	$\frac{413}{31,0}$ $\frac{680}{37,1}$	68,1	0,3	44078,8
Навоз + известь	$\frac{92}{12,6}$	$\frac{308}{34,9}$	34,9	$\frac{428}{26,3}$ $\frac{503}{13,3}$ $\frac{686}{13,0}$	52,5	0,7	35571,1

1	2	3	4	5		6	7	8
<i>Органоминеральная система удобрения</i>								
NPK + навоз без известки	$\frac{93}{12,2}$	$\frac{300}{33,1}$	33,1	$\frac{418}{26,1}$	$\frac{495}{13,3}$	54,7	0,6	42988,1
				$\frac{673}{13,5}$	$\frac{727}{1,8}$			
NPK + навоз + известь	$\frac{103}{11,4}$	$\frac{298}{27,8}$	27,8	$\frac{527}{44,1}$	$\frac{722}{16,7}$	60,8	0,5	29297,4

Температура эффекта, С°

* Массовая доля компонента, % от потери массы

Для озимой ржи разброс значений по потере массы от удаления адсорбционной воды находится в диапазоне от 9,5% в контрольном варианте без известки до 15,5% в контрольном варианте с известью. Причем можно отметить, что разброс значений для озимой ржи меньше, чем для картофеля.

Наибольшее количество гигроскопической влаги для озимой ржи, так же как и для картофеля находится в контрольном варианте на фоне известкования. Наибольшая температура разрушения характерна для варианта NPK+навоз+известь, в отличие от картофеля, для которого максимальная температура наблюдалась в той же системе удобрения, но только в неизвесткованном варианте.

Можно выделить следующую закономерность. Так же как и для картофеля, гигроскопической влаги больше в известкованных вариантах, за исключением органо-минеральной системы удобрения. Из чего можно сделать вывод, что при внесении известки почва удерживает больше гигроскопической влаги.

Так же как и для картофеля мы наблюдаем в периферической части гумусовых веществ только 1 компонент, который отличается по величине температуры сгорания, исключение составляет только минеральная система удобрения без известки. При сравнении контрольных вариантов с известью и без нее было обнаружено, что при внесении известки прочность связи периферической части снижается, т.к. мы наблюдаем уменьшение температуры трансформации на 30°.

Наименее прочносвязанная периферическая часть наблюдается в органической системе удобрения без известки и в контрольном варианте без известки, здесь трансформация наблюдается при 265°С. Причем наименьшая массовая доля периферической части характерна для органической системы удобрения без известки. Внесение известки в вариантах с внесением только органических или только минеральных удобрений повышает прочность периферической части и делает ее менее доступной для разрушения. Наиболее прочная периферическая часть наблюдается в варианте с минеральными удобрениями без известкования, температура трансформации – 325°. Во всех неизвесткованных

вариантах, за исключением органической системы удобрения, мы наблюдаем увеличение массовой доли периферической части по сравнению с известкованным вариантом.

Минеральная система удобрения без извести – это единственный вариант, в котором наблюдается 2 компонента в периферической части гумусовых веществ. Массовая доля второго компонента на 4% меньше, чем первого, а температура трансформации на 117° выше.

В центральной части контрольных вариантов присутствует по 3 компонента. Массовая доля центральной части больше в неизвесткованном варианте. Прочность связей центральной части в этом варианте также выше, чем в известкованном, он менее доступен для разрушения. Об этом говорит тот факт, что температура разрушения третьего компонента в неизвесткованном варианте на 59° выше.

В контрольном варианте при бессменном возделывании озимой ржи, в отличие от картофеля, наблюдается меньшее отношение периферической части к центральной, а также выше энергия активации реакции термодеструкции.

Минеральная и органическая системы удобрения без извести имеют по 2 компонента в центральной части, но их массовая доля и температура разрушения отличаются. Применение минеральных удобрений способствует увеличению прочности связей центральной части, температура трансформации первого компонента на 90° выше, а второго – на 62°. При этом массовая доля центральной части в этих вариантах подчинена обратной зависимости, в варианте с органической системой удобрения без извести массовая доля центральной части выше на 29%.

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 также величина энергии активации. Возрастание температуры разрушения до 900°C говорит о разрушении связей с минеральной частью почвы.

При сравнении известкованного и неизвесткованного варианта на органической системе удобрения мы видим, что при внесении извести увеличивается количество компонентов центральной части, а также температура для их разрушения. Но в варианте без извести мы видим, что массовая доля компонентов центральной части больше и 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.

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.

При помощи термографического анализа можно определить суммарное количество органического вещества в почве, причем результаты этого анализа отличаются от результатов, полученных при определении содержания органического вещества методом Тюрина (табл. 3).

Содержание органического вещества в почве длительного полевого опыта по вариантам исследования

Вариант	Количество органического вещества в образце, %	Гумус по Тюрину в модификации ЦИНАО, %	Коэффициент корреляции (гумус по термографическому методу – гумус по Тюрину)
1	2	3	4
<i>Картофель</i>			
Контроль без извести	2,05	0,99	0,92
Контроль + известь	2,46	0,93	
НПК без извести	2,75	1,04	
НПК + известь	2,73	1,10	
Навоз без извести	3,77	1,33	
Навоз + известь	3,74	1,57	
НПК + навоз без извести	3,57	1,33	
НПК + навоз + известь	3,75	1,45	
<i>Озимая рожь</i>			
Контроль без извести	3,80	1,22	0,96
Контроль + известь	3,00	1,16	
НПК без извести	4,54	1,57	
НПК + известь	3,98	1,33	
Навоз без извести	5,51	1,80	
Навоз + известь	5,00	1,86	
НПК + навоз без извести	5,42	1,97	
НПК + навоз + известь	5,49	1,91	

Величина коэффициентов корреляции для обеих культур говорит о том, что оба метода приемлемы для отражения закономерностей накопления органического вещества почвы в зависимости от применяемой системы удобрения. Но нетрудно заметить, что количество органического вещества, определенное термографическим методом, по всем вариантам выше, чем определенное методом Тюрина в модификации ЦИНАО. Более точным является термический метод анализа, так как в нем о количестве органического вещества судят по потере массы при воздействии температуры. Кроме того, по максимальной температуре разрушения можно определить прочность связи органического вещества, а так же определить качественный состав гумуса, что делает термографический метод анализа более предпочтительным. Метод Тюрина показывает суммарную окисляемость гумусовых веществ при воздействии хромовой смеси на почву. К тому же, чтобы вычислить содержание гумуса пользуются коэффициентом 1,724, исходя из того, что в гумусе содержится 58% углерода. Однако этот коэффициент варьирует в довольно широких пределах в зависимости от типа почвы и характера органического вещества. Выражение результатов в виде содержания углерода без пе-

ревода на содержание гумуса не меняет положения, поскольку окисляется не только углерод, а его содержание не обязательно равно 58% [2].

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 известкованных 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 известкованных вариантов, в них же наблюдается разрушение связей с минеральной частью почвы 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 также для органо-минеральной системы удобрения без известкования.

3. Применение извести также способствует большему накоплению гигроскопической влаги в почве всех вариантов для обеих культур.

4. Содержание органического вещества, определенное термографическим методом, выше, чем определенное по методу Тюрина в модификации ЦИНАО и является более точным для определения содержания органического вещества в почве.

Библиографический список

1. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980.
2. *Алешин С.Н.* Термодинамика превращений органических веществ в почвах // Биохимия и плодородие почв. М.: Изд-во МГУ, 1967. С. 19–20.
3. *Белопухов С.Л., Шнее Т.В., Дмитриевская И.И., Маслова М.Д., Гришина Е.А., Калабаикина Е.В.* Методические указания по проведению испытаний биологических образцов методом термического анализа / Под ред. проф. Белопухова С.Л. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2014. 87 с.
4. *Болатов А.А., Черников В.А., Лукин С.М.* Дериватографический метод изучения гумусового состояния дерново-подзолистых супесчаных почв // Агрохимический вестник, 2010. № 3. С. 38–40.
5. Длительный полевой опыт 1912–2012: Краткие итоги научных исследований / Под ред. Академика РАСХН В.М. Баутина. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012.
6. *Завьялова Н.Е.* Методические подходы к изучению гумусного состояния пахотных почв (обзор) // Плодородие, 2006. № 1. С. 11–15.
7. *Кононова М.М.* Органическое вещество почвы. М: Изд-во АН СССР, 1963.
8. *Орлов Д.С., Дубин В.Н., Елькина Д.М.* Пиролиз и дифференциальный термоанализ гумусовых веществ почв // Агрохимия, 1968. № 1. С. 68–76.
9. *Травникова Л.С.* Опыт использования дериватографического метода для анализа органического вещества образцов почв и гранулометрических фракций // Физико-химические аспекты почвенного плодородия. М.: ВАСХНИЛ. 1985, С. 15–21.
10. *Хлыстовский А.Д.* Плодородие почвы при длительном применении удобрений и извести. М.: Наука, 1992. 192 с.
11. *Хмельницкий Р.А.* Современные методы анализа агрономических объектов. М.: Изд-во «Высшая школа», 1981. 200 с.

12. Черников В.А. Изменения гумусовых соединений почвы в длительном стационарном опыте ТСХА // Плодородие, 2002. № 4. С. 34–36.
13. Шевцова Л.К. Действие длительного применения удобрений на органическое вещество почв дерново-подзолистой зоны // Изучение почвенного органического вещества, 1977. Т. 1. С. 339–346.
14. Шевцова Л.К., Романенков В.А. Гумусное состояние почв в современном земледелии и его изменения при длительном применении различных систем удобрения // Известия ТСХА, 1979. № 2. С. 79–92.
15. Шурыгина Е.А., Ларина Н.К., Чубарова М.А., Кононова М.М. Дифференциально-термический и термовесовой анализы гумусовых веществ почвы // Почвоведение, 1971. № 6. С. 35–44.

AGROECOLOGICAL ESTIMATION OF LONG-TERM APPLICATION EFFECT OF VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS ON HUMUS CONDITION OF SOD-PODZOLIC SOIL

N.V. USKOVA, V.A. CHERNIKOV, S.L. BELOPUKHOV

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The authors state that currently there is an active anthropogenic influence in the soil-forming process, which implies a change in the qualitative composition of humus substances. Therefore, it would be wrong to reduce all research only to the accumulation of organic matter; it is also important to conduct a study of its qualitative composition. Rather informative in this field of research are the derivatographic methods of analysis based on thermal destruction of a test sample and conditional differentiation of central and peripheral parts of humus substances by their ability to destruct in a low - and high-temperature range. The ratio of shares of these parts can serve as an important indicator of the structural stability of soil organic matter. The study has been conducted to determine the influence of long application of various fertilizer systems on the quantitative and qualitative composition of humus, namely, using the method of thermal analysis, the number of components in the central and peripheral parts of organic matter has been determined by their ability to degrade in a low- and high- temperature range. The authors have also evaluated the activation energies necessary for the destruction of components of soil organic matter. It has also been found that in case of permanent potato cultivation, the introduction of lime increases the destruction temperature of the peripheral part, but, at the same time, the number of components and the strength of the central part becomes lower as compared with in the options without liming. A reverse regularity has been observed for winter rye. Liming contributes to the more intensive accumulation of hygroscopic water in soil. The authors also claim that organic matter content determined by the thermographic method is higher than that determined by the Tyurin's method in the CINAО (Central Research Institute for Agrochemical Support of Agriculture) modification and is more accurate for determining the organic matter content in soil.

Key words: *thermographic method of research, sod-podzolic soil, long-term field experience, qualitative composition of humus, activation energy, derivatographic method.*

References

1. *Aleksandrova L.N.* Organicheskoye veshchestvo pochvy i protsessy yego transformatsii [Organic matter in soil and the processes of its transformation]. L.: Nauka, 1980.
2. *Aleshin S.N.* Termodinamika prevrashcheniy organicheskikh veshchestv v pochvakh [Thermodynamics of the transformations of organic substances in soils] // *Biokhimiya i plodorodiye pochv*. M.: Izd-vo MGU, 1967. Pp. 19–20.
3. *Belopukhov S.L., Shneye T.V., Dmitrevskaya I.I., Maslova M.D., Grishina Ye.A., Kalabashkina Ye.V.* Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu ispytaniy biologicheskikh obraztsov metodom termicheskogo analiza [Methodological instructions for conducting tests of biological samples by the thermal analysis method] / Ed. by Prof. Belopukhov S.L. M.: Izd-vo RGAU-MSKhA, 2014. 87 p.
4. *Bolatov A.A., Chernikov V.A., Lukin S.M.* Derivatograficheskiy metod izucheniya gumusovogo sostoyaniya dernovo-podzolistykh supeschanykh pochv [Derivatographic method of studying the humus state of sod-podzolic sandy loam soils] // *Agrokhimicheskii vestnik*, 2010. No.3. Pp. 38–40.
5. *Dlitel'nyy polevoy opyt 1912-2012: Kratkiye itogi nauchnykh issledovaniy* [Long-term field experience of 1912-2012: Brief results of scientific research] / Ed. by RASKhN Academician V.M. Bautin. M.: Izd-vo RGAU-MSKhA, 2012.
6. *Zav'yalova N.Ye.* Metodicheskiye podkhody k izuchenyu gumusnogo sostoyaniya pakhotnykh pochv (obzor) [Methodical approaches to the study of the humus state of arable soils (Survey)] // *Plodorodiye*, 2006. No.1. Pp. 11–15.
7. *Kononova M.M.* Organicheskoye veshchestvo pochvy [Organic matter in soil]. M.: Izd-vo AN SSSR, 1963.
8. *Orlov D.S., Dubin V.N., Yel'kina D.M.* Piroliz i differentsial'nyy termoanaliz gumusovykh veshchestv pochv [Pyrolysis and differential thermoanalysis of humus substances in soils] // *Agrokhimiya*, 1968. No 1. Pp. 68–76.
9. *Travnikova L.S.* Opyt ispol'zovaniya derivatograficheskogo metoda dlya analiza organicheskogo veshchestva obraztsov pochv i granulometricheskikh fraktsiy [Experience of using the derivational method for analyzing the organic matter of soil samples and granulometric fractions] // *Fiziko-khimicheskiye aspekty pochvennogo plodorodiya*. M.: VASKhNIL. 1985. Pp. 15–21.
10. *Khlystovskiy A.D.* Plodorodiye pochvy pri dlitel'nom primenenii udobreniy i izvesti [Soil fertility with long-term use of fertilizers and lime]. M.: Nauka, 1992. 192 p.
11. *Khmel'nitskiy R.A.* Sovremennyye metody analiza agronomicheskikh ob'yektov [Modern methods of analysis of agronomic objects]. M.: Izd-vo "Vysshaya shkola", 1981. 200 p.
12. *Chernikov V.A.* Izmeneniya gumusovykh soyedineniy pochvy v dlitel'nom stationarnom opyte TSKhA [Changes in humus soil compounds in the long-term stationary experiment conducted in Timiryazev Academy] // *Plodorodiye*, 2002. No. 4. Pp. 34–36.
13. *Shevtsova L.K.* Izucheniye pochvennogo organicheskogo veshchestva [The effect of prolonged application of fertilizers on the organic matter in sod-podzolic zone soils], 1977. Vol.1, Pp. 339–346.
14. *Shevtsova L.K., Romanenkov V.A.* Gumusnoye sostoyaniye pochv v sovremennom zemledelii i yego izmeneniya pri dlitel'nom primenenii razlichnykh sistem udobreniya [Humus status of soils in modern agriculture and its changes with long-term use of various fertilizer systems] *Izvestiya TSKhA*, 1979. No. 2. Pp. 79–92.
15. *Shurygina Ye.A., Larina N.K., Chubarova M.A., Kononova M.M.* Differentsial'no-termicheskiy i termovesovoy analizy gumusovykh veshchestv [Differential-thermal and thermal gravimetric analysis of humus substances in soil] // *Pochvovedeniye*, 1971. No.6. Pp. 35–44.

Ускова Нелли Вячеславовна – асп. кафедры экологии РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: nelly_uskova@mail.ru).

Черников Владимир Александрович – д. с.-х. н., к. х. н., проф. кафедры экологии РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: 4ernikov@mail.ru).

Белопухов Сергей Леонидович – д. с.-х. н., к. х. н., проф., проректор по науке и инновационному развитию РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: sbelopuhov@rgau-msha.ru).

Nelli V. Uskova – postgraduate student, the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; e-mail: nelly_uskova@mail.ru).

Vladimir A. Chernikov – DSc (Ag), PhD (Chem), Professor, the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; e-mail: 4ernikov@mail.ru).

Sergey L. Belopukhov – DSc (Ag), PhD (Chem), Professor, Vice-Rector for Science and Innovation Development, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; e-mail: sbelopuhov@rgau-msha.ru).