

эффективность серосодержащего удобрения NPKS (10-20-20-6) была выше эффективности комплексного минерального удобрения без серы. Прибавки урожая гороха от серы, входящей в состав комплексного минерального удобрения, составили 1,9-1,6 ц/га, содержание белка в зерне гороха повышалось на 0,4-0,5 %. Повышение дозы внесения серосодержащего удобрения NPKS (10-20-20-6) до  $N_{60}P_{60}K_{60}S_{18}$  было экономически не целесообразно.

#### Библиографический список

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 02.02.2024).
2. Кирюшин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 3. – С. 19-25.
3. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь / В.Г. Сычев // М: Изд-во ЦИНАО. – 2003. – 228 с.
4. Титова В.И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях / В.И. Титова // Агрехимический вестник. – 2016. – № 1. – С. 2-7.
5. Протасова Н.А., Щербаков А.П. Микроэлементы в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья, Воронеж, 2003, – 367 с.
6. Патрина М.С. Роль серосодержащих удобрений в оптимизации минерального питания серой лесной и дерново-подзолистой почвах Красноярской подтайги // Вестник Крас ГАУ. – 2011. – Вып. 10. – С. 40-45.
7. Лазарев В.И., Чевычелов А.Б. Эффективность комплексных удобрений, содержащих серу, на черноземных и серых лесных почвах Курской области при возделывании яровой пшеницы // Земледелие. – 2016. – № 5. – С. 29-32.
8. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Гамзиков Г.П. и др. Агрехимия / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.
9. Шеуджен А.Х. Агрехимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – Майкоп: Полиграф – ЮГ, 2013. – 572 с.
10. Муха В.Д. Агрехимическое почвоведение / В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха. – М.: Колос, 2004. – 528 с.

УДК 631.484:631.487

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ИХ ОТРАЖЕНИИ ПЕДОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ РАЗЛИЧИЙ<sup>5</sup>

Лисецкий Ф.Н.

«Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород  
E-mail: [fnliset@mail.ru](mailto:fnliset@mail.ru)

**Резюме.** Исследование включало сравнительный анализ органического вещества, сформированного в гумусово-аккумулятивном горизонте разновременных почв в трех контрастных по климату секторах Крымского полуострова. Установлено 14 основных диагностических показателей из состава гумусовых веществ, среди которых наиболее сенсорными оказались оптические плотности полос поглощения в спектре гуминовых кислот и соотношения оптических плотностей.

<sup>5</sup> Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-17-00169, <https://rscf.ru/project/23-17-00169/>

**Ключевые слова:** степные почвы, органическое вещество почв, фракционный состав гумуса, элементный состав гумуса, возраст почв

**Summary.** *The purpose of the study was a comparative analysis of organic matter from the humus-accumulative horizon of soils of different ages in three sectors of the Crimean Peninsula contrasting in climate. In the composition of humic substances, 14 diagnostic indicators have been established, of which the optical densities of absorption bands in the spectrum of humic acids and the ratio of optical densities are recognized as the most sensory.*

**Key words:** *steppe soils, soil organic matter, fractional composition of humus, elemental composition of humus, soil age*

За время сельскохозяйственного освоения земель Среднерусской возвышенности черноземы потеряли 24 % исходных запасов гумуса в слое 0-100 см при темпах дегумусирования 540 кг/га в год [1]. В пахотных почвах помимо снижения содержания органического вещества (ОВ) наблюдается также ухудшение его качества, что создает дополнительный комплекс деградиционных эффектов, в совокупности влияющих на здоровье почв [2]. В современных системах земледелия с простым и расширенным воспроизводством ОВ происходят изменения содержания, состава и свойств гумусовых веществ, которые контролируются биохимической активностью почвы в условиях климатической изменчивости.

Результаты исследований чернозёмов показали, что гуминовые кислоты и фульвокислоты формируют сложный гетерокислотный комплекс из разновозрастных компонентов со специфическими скоростями обновления. Считается [3], что различия в типах гумуса уже на глубине >10-15 см обусловлены превалянием древних форм гумуса над современными формами. Применяя ранее разработанную хронофункцию, отражающую изменение мощности гумусового горизонта почв степной зоны во времени [4], и модальные параметры мощности гор. А у целинных почв 26,50±0,81 см, абсолютный возраст почв, соответствующий этой мощности, составит 1330-1470 лет. Однако, если обратиться к оценкам возраста углерода гумуса по <sup>14</sup>C, то, для слоя 10-20 см чернозема луговой степи дата по гуминовым кислотам (ГК) составляет 1440±50 лет, а по негидролизуемой части ГК –1980±30 лет [5, с. 124]. Система гумусовых веществ является гетерохронной, так как в черноземах возраст подвижных ФК и ГК меньше, чем возраст ГК, связанных с R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Са [5]. В этой связи углубленный анализ фракционного и элементного состава ОВ открывает возможности для понимания сложных процессов как воспроизводства, так и дегумусирования. При этом ключевую роль имеет положение конкретной почвы в координатах гидротермического режима, обусловленного биоклиматическими факторами внешней среды [6].

**Цель работы** заключалась в комплексном анализе фракционного и элементного состава гумуса для объектов, контрастных по генезису, истории педогенеза, его климатической обусловленности, с обоснованием диагностических показателей в составе гумусовых веществ.

**Материалы и методы.** Для отражения климатической обусловленности педогенеза исследования проведены в трех регионах Крыма: Северо-Западном

(разр. 4), Юго-Западном (разр. 22) и Предгорном (разр. 20). Объектами исследования стали почвы из двух разрезов, близкие по возрасту (ок. 2300 лет), но из разных климатических областей Крыма, и полноголоценовая почва в подзоне сухой степи. По результатам обобщения метеоданных за инструментальный период, отраженных в величинах затрат энергии на почвообразование  $Q$  (МДж/м<sup>2</sup> год<sup>-1</sup>) (по [7]), различие местоположения разрезов по степени аридизации отражает ряд: 4 ( $Q=770$ ) – 22 ( $Q=990$ ) – 20 ( $Q=1170$ ). На позднескифском Усть-Альминском городище сформировался чернозем южный карбонатный на лессовидном суглинке (разр. 22), но насыпной гумусированный слой ( $A_{TUR}$ ) перекрыл новообразованную почву, вероятно, в 60-е гг. XX в. В пределах позднескифского городища «Заячье» разрез чернозема карбонатного на золистом культурном слое (№. 20) заложен на «Восточном селище» II-III в. н.э. Полноголоценовый чернозем карбонатный на глинистом элювии (разр. 4) расположен в заповедной степи, почвы которой обоснованы как местный эталон почв [8]. Абсолютный возраст почв установлен по археологическим данным. Физико-химические показатели почв определены общепринятыми методами, цвет сухой почвы – по шкале Манселла. Фракционный состав гумуса определяли по методике Пономаревой-Плотниковой в модификации 1968 г. Аналитические исследования качественного состава гумуса проведены сотрудниками ФГБУН Института почвоведения и агрохимии СО РАН России (г. Новосибирск) по апробированным методикам [9].

**Результаты и обсуждение.** Объектами детального изучения состава ОВ были выбраны почвы из трех горизонтов, которые соответствуют по положению в профиле гумусово-аккумулятивному горизонту (А): разр. 4 (0-27 см), разр. 20 (0-22 см), разр. 22 ([А], 0-24,4±0,2 см) (Таблица). По совокупности 33 исходных параметров качественного состава ОВ почвы из разр. 20 и 22 довольно близки, но каждая из них, что закономерно, отличается от целинной почвы (разр. 4). Максимальные различия отмечены по показателям гор. А почвы 22 по отношению к 20: по 14 показателям величины больше на 10 %, а в среднем величина превышения составляет 30 %, прежде всего, за счет всех пяти показателей оптической плотности полос поглощения, а также за счет превышения величин доли ГК-3 и соотношения  $C_{ГК}:C_{ФК}$ . Поэтому, статистически обосновывая (по внутригрупповой вариации) наиболее контрастные параметры, их перечень из 33 уменьшается до 14, которые можно принять в качестве диагностических (Таблица).

Большая разнотипность почвы целинной и сформированной за 2300 лет педогенеза (разр. 22) проявляется, прежде всего, в более высоком содержании у почвы, активно включенной в современный биологический круговорот (целинной), по сравнению с новообразованной, доли фракций ФК, связанных с фракцией ГК-3 и ГК-2 (т.е. связанными, как с глинистыми минералами и полуторными оксидами, так и с Са), а также по величинам соотношения оптических плотностей  $S_{алк2920}/C=C_{1610}$  и  $OH_{3400}/C=C_{1610}$ . Примечательно, что такие количественные показатели, как содержание Сорг, доли ГК и ФК, атомные проценты С, Н, N, О, уступают место в числе диагностических качественным по-

**Таблица – Величины диагностических показателей гор. А в ключевых разрезах**

Показатели	№ разреза, мощность гор. А (см)			Продолжение	№ разреза		
	4, 0-27	22, 0-24	20, 0-22		Показатели	4	22
С <sub>ГК</sub> :С <sub>ФК</sub>	1,09	2,33	1,65	С=O <sub>1720</sub> /Салк <sub>2920</sub>	1,07	4,21	1,44
ПП*	0,11	0,26	0,46	ОППП***:D <sub>3400</sub>	0,17	0,44	0,3
ФК-1	0,61	1,3	3,11	D <sub>2920</sub>	0,14	0,29	0,18
ФК-2	12,88	4,67	3,9	D <sub>1720</sub>	0,15	1,22	0,26
ФК-3	4,22	1,06	1,19	D <sub>1610</sub>	0,16	0,89	0,24
E <sup>0,001</sup> %ГК**	0,07	0,15	0,12	D <sub>1225</sub>	0,11	0,41	0,2
Салк <sub>2920</sub> /C=C <sub>1610</sub>	0,88	0,33	0,75	ОН <sub>3400</sub> /C=C <sub>1610</sub>	1,06	0,49	1,25

\* – степень подвижности гумусовых кислот (по Кононовой); \*\* коэффициент цветности (по Вельте); \*\*\* – оптическая плотность полос поглощения.

казателям, отражающим гетерогенность ОВ у трех разнородных почв. Высокoinформативными являются показатели оптических плотностей полос поглощения, а также их соотношения. Так, при сравнении величин семи соотношений оптических плотностей выявляются почвы наименее и наиболее отличающиеся от целинной (разр. 20 и 22).

Если использовать координатные полях Н:С–О:С для типов степей ЕТР по степени аридизации [9], то можно отметить, что к черноземам умерено-засушливой степи относятся почвы из разр. 24 и 20, а почва из разр. 22 (экранированная более 50 лет назад от внешней среды) на переходе от этого типа к черноземам сухой степи. Из пяти показателей оптической плотности полос поглощения – в диапазоне D<sub>1225</sub> – D<sub>3400</sub>, три выступают индикаторами в сравнительном анализе трех объектов: D<sub>3400</sub>, D<sub>2520</sub>, D<sub>1610</sub>. По средним величинам семи соотношений оптических плотностей наиболее самобытна почва из разр. 22 с максимальными значениями по C=O<sub>1720</sub>/C=C<sub>1610</sub>; C=O<sub>1720</sub>/Салк<sub>2920</sub>; CO<sub>1225</sub>/Салк<sub>2920</sub>. У почв из разр. 20 и 4 средние величины показателей оптической плотности меньше на 17 и 32 % соответственно. Величины коэффициента экстинкции, характеризующего окраску гумусовых кислот, имеют одинаковые значения для почв из разр. 4 и 22 – 3,39, а у почвы разр. 20 меньше – 3,23. Примечательно, по величине коэффициента цветности E<sup>0,001</sup> %ГК почва из разр. 4 (0,07) соответствует величине, характеризующей каштановую почву [10, с. 301], тогда как ГК у почв из разр. 22 (0,15) и 20 (0,12) соответствуют черноземам (0,12) [10].

Отличие почвы из разр. 4 от других почв является средняя степень гумификации ОВ (при С<sub>ГК</sub>:С<sub>ФК</sub>=1,1), что соотносится с более низким содержанием гуминов. Используя анализ соотношений элементного состава гумуса, можно утверждать, что почва Северо-Западного Крыма (разр. 4) за общее время педогенеза формировалась в климатической обстановке, близкой к современной (величина Н:С больше, чем у других почв). Почва Юго-Западного Крыма (разр. 22), судя по величинам соотношений О:С и Н:С, отражает наиболее благоприятные биоклиматические условия, начиная с середины III в. н. э., чем иные

сравниваемые почвы, притом, что актуальные величины затрат энергии на педогенез ( $Q$ ) здесь несколько меньше (на  $160 \text{ МДж/м}^2 \text{ год}^{-1}$ ), чем в Предгорном Крыму, но на  $220 \text{ МДж/м}^2 \text{ год}^{-1}$  больше, чем в Северо-Западном Крыму. Сравнение по величинам коэффициента элювиирования, определяемого по соотношению суммы полуторных оксидов к содержанию  $\text{TiO}_2$ , подтверждает ту же закономерность по распределению изученных почв по степени их аридизации в ранжированном возрастающем ряду: 22 (61) < 20 (34) < 4 (29). Можно предположить, что почва, имеющая предысторию развития, как в случае с полигенетичной почвой из разр. 4, испытавшей скифо-сарматский аридный этап, сохранила определенные реликтовые признаки в современной органо-минеральной системе. Современные биоклиматические условия педогенеза, отражаемые в возрастании величин  $Q$  в ряду почв 4 – 22 – 20, находят отражение в уменьшении подвижности гумусовых кислот (от 2,3 до 4 раз в разр. 22 и 20 по сравнению с разр. 4). Это обусловлено ростом по мере увлажнения доли «агрессивной» фракции ФК и долей свободной и связанной с полуторными оксидами фракцией бурых гуминовых кислот, в сумме со связанной с ней фракцией ФК1. Ранее было доказано [9], что увеличение доли ФК в почвах характеризует повышенное увлажнение (рост среднегодовой суммы осадков).

Установлено, что при сравнении почв из трех регионов Крыма наиболее контрастными являются разновозрастные почвы в Юго-Западном и Северо-Западном секторах полуострова, как по величинам превышений диагностических параметров, так и их по количеству. Это, прежде всего, выражается в более высоких превышениях величин оптической плотности полос поглощения (от 2,1 до 8,1 раза), а также соотношении  $C_{ГК}:C_{ФК}$  и степени подвижности системы гумусовых кислот. Почвы Северо-Западного и Предгорного Крыма, где наиболее различающиеся климатические затраты энергии на почвообразование, отличаются значительным превышением степени подвижности гумусовых кислот и доли 1-й фракции фульвокислот (в 4-5 раз) в пользу последнего и резким снижением у этой почвы доли 2-й и 3-й фракции фульвокислот. Почвы Предгорного Крыма при сравнении с почвой Юго-Западного сектора полуострова разнятся (по 9 диагностическим параметрам из 14) более низкими величинами, преимущественно связанными с оптической плотностью полос поглощения, а также соотношения  $C_{ГК}:C_{ФК}$ .

Таким образом, различия почв по генезису, истории педогенеза и его климатической обусловленности с наибольшей чувствительностью диагностируют, прежде всего, оптические плотности полос поглощения (области ароматических группировок  $1610\text{-}1720 \text{ см}^{-1}$  в спектре ГК) и ряд соотношений оптических плотностей.

#### Библиографический список

1. Чендев Ю.Г. Длительные изменения содержания гумуса в пахотных черноземах центра восточно-европейской равнины / Ю.Г. Чендев, Л.Г. Смирнова, А.Н. Петин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 6–9.
2. Масютенко Н.П. К оценке здоровья почв по показателям их гумусного состояния / Н.П. Масютенко // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: Сборник докладов XVIII Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО

«Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2023. – С. 192–196.

3. Мартынова Н.А. Химия почв: органическое вещество почв: учебно-методическое пособие / Н.А. Мартынова. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. – 255 с.

4. Лисецкий Ф.Н. Моделирование развития черноземов в зоне степи и разработка метода почвенно-генетической хронологии / Ф.Н. Лисецкий, В.Ф. Столба, П.В. Голеусов // Почвоведение. – 2016. – № 8. – С. 918–931.

5. Возраст и эволюция черноземов / под ред В. О. Таргульяна. – М.: Наука, 1988. – 144 с.

6. Каганов В.В. Оценка скорости минерализации органического вещества основных типов почв европейской части России при различных температурных режимах / В.В. Каганов, И.Н. Курганова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 15(110). – С. 145–153.

7. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования / В.Р. Волобуев. – М.: Наука, 1974. – 126 с.

8. Лисецкий Ф.Н. Биогеохимические аспекты плодородия почв в древнеземледельческих районах Крыма / Ф. Н. Лисецкий, Ж. А. Буряк, Е. Я. Зеленская // Агрехимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 14–18.

9. Дергачева М.И. Система гумусовых веществ как основа диагностики палеопочв и реконструкции палеоприродной среды / М.И. Дергачева. – Новосибирск, Изд-во СО РАН. – 2018. – 292 с.

10. Орлов Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. М.: Высшая школа, 2005. – 558 с.

УДК 631.417:631.86

## **РОЛЬ СЕВООБОРОТОВ, СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВ И УДОБРЕНИЙ В ОПТИМИЗАЦИИ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО**

Логвинов И.В.

Белгородский федеральный аграрный научный центр РАН, г. Белгород  
E-mail: [laboratoria.plodorodya@yandex.ru](mailto:laboratoria.plodorodya@yandex.ru)

*Резюме.* Проведёнными исследованиями доказана определяющая роль вида севооборота, насыщенности его пропашными культурами и наличие многолетних бобовых трав в накоплении гумуса. В зернотравянопропашном севообороте содержание гумуса повышается без применения удобрений. В пропашных севооборотах для поддержания бездефицитного баланса гумуса требуется внесение навоза в количестве 8 т/га севооборотной площади.

*Ключевые слова:* чернозем типичный, гумус, севообороты, обработка почвы, навоз, минеральные удобрения.

## **ROLE OF CROP ROTATIONS, SOIL TREATMENT METHODS AND FERTILIZERS IN OPTIMIZING HUMUS STATE CHERNOZEM TYPICAL**

Logvinov I.V.

Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,  
Belgorod

E-mail: [laboratoria.plodorodya@yandex.ru](mailto:laboratoria.plodorodya@yandex.ru)

*Summary.* The studies proved the determining role of the type of crop rotation, its saturation with row crops and the presence of perennial legumes in the accumulation of humus. In grain-and-