

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА
AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION

УДК 631.86/.87:631.417.2:631.445.24

Поступила в редакцію 08.11.2016
Received 08.11.2016

Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, О. М. Бирюкова

Институт почвоведения и агрохимии, Национальная академия наук Беларуси, Минск, Беларусь

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Аннотация: Под воздействием различных видов антропогенной нагрузки увеличивается число внешних позитивных и негативных факторов, влияющих на формирование и функционирование гумусовой системы почв. В связи с этим необходим поиск показателей гумусного состояния почв, отражающих их генетические и агрономические особенности. В статье оценена направленность действия разных видов органических удобрений на гумусное состояние дерново-подзолистой супесчаной почвы в условиях полевого опыта по результатам анализа почвенных образцов, отобранных через год после их внесения. Наиболее положительное влияние на качественный состав гумуса оказали подстилочный навоз КРС и компосты на основе торфа, лигнина, жома, дробленки, соломы и полужидкого навоза. Степень гумификации органического вещества увеличилась от 26,3 до 32,5–34,6 % при расширении отношения $C_{ГК}/C_{ФК}$ от 0,82 до 0,92–0,99. Показатель интенсивности процесса гумификации на стадии новообразования гуминовых кислот $C_{ГК-1}/C_{ФК-1}$ увеличился от 0,79 до 0,94–1,08, на стадии полимеризации и усложнения гумусовых структур ($C_{ГК-2}/C_{ФК-2}$) – от 0,71 до 0,81–0,83, что указывало на усиление признака гуматности гумуса. В вариантах с внесением вермикомпоста, жидкого навоза КРС и эффлюента выявлены признаки деградиационных изменений в гумусе: долевое участие ГК-2 в общей сумме гуминовых кислот снизилось до 9–14 % при уменьшении показателя $C_{ГК-2}/C_{ФК-2}$ до 0,24–0,58.

Ключевые слова: гумусное состояние, фракционный состав, гуминовые кислоты, органические удобрения, дерново-подзолистая супесчаная почва

Для цитирования: Богатырева, Е. Н. Влияние органических удобрений на гумусное состояние дерново-подзолистой супесчаной почвы / Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, О. М. Бирюкова // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2017. – № 4. – С. 54–65.

E. N. Bogatyrova, T. M. Seraya, O. M. Biryukova

The Institute for Soil Science and Agrochemistry, the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

ORGANIC FERTILIZERS INFLUENCE ON THE HUMUS STATE OF SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL

Abstract: Under the effect of various types of anthropogenic load, the number of external positive and negative factors affecting the formation and functioning of humus system of soils is increasing. So it is necessary to find indicators of humus state of soils reflecting their genetic and agronomic features. The action of different types of organic fertilizers on the humus condition of sod-podzolic sandy loam soil in field experiment is evaluated according to the results of analysis of soil samples taken a year after fertilizer application. The most positive influence on qualitative humus composition had litter manure and compost based on peat, lignin, pulp, defecate, straw and semi-liquid manure. The humification degree of organic matter increased from 26.3 to 32.5–34.6 % with the relations expansion C_{HA}/C_{FA} from 0.82 to 0.92–0.99. The indicator of intensity of the humification process on the stage of the tumor humic acids C_{HA-1}/C_{FA-1} increased from 0.79 to 0.94–1.08, at the stage of polymerization and the complexity of humic structures (C_{HA-2}/C_{FA-2}) – from 0.71 to 0.81–0.83, indicating the gain characteristic of humate of humus. Humus degradation changes evidence had found in the variants of vermicompost, liquid cattle manure and effluent input. HA-2 equity participation in the humic acids total amount declined to 9–14 % with the C_{HA-2}/C_{FA-2} decrease rate to 0.24–0.58.

Keywords: humus state, fractional composition, humic acids, organic fertilizers, sod-podzolic sandy loam soil

For citation: Bogatyrova, E. N. Organic fertilizers influence on the humus state of sod-podzolic sandy loam soil / E. N. Bogatyrova, T. M. Seraya, O. M. Biryukova // *Vestsi Natsyyanal' nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2017, no 4, pp. 54–65.

Введение. Гумус является наиболее важной и уникальной частью почвы, представляет собой иерархически организованную и генетически сформированную систему гумусовых веществ (ГВ), обладающих многофункциональными свойствами, что позволяет рассматривать его в качестве доминантного компонента почвенного плодородия, определяющего продуктивность агробиоценозов.

Феномен гумуса всегда занимал и продолжает занимать одно из ведущих мест в работах многих ученых как в теоретическом, так и прикладном аспекте. К настоящему времени проведены обширные исследования, всесторонне характеризующие состав гумуса, его происхождение и формирование в разных типах почв, исследована химическая структура и свойства гумусовых веществ, изучено их внутривертикальное распределение в почвах разного генезиса и влияние на процессы почвообразования, разработаны теоретические основы процесса гумусообразования [1–5 и др.].

Учитывая тот факт, что гумус играет огромную роль в формировании плодородия почв и регулировании экологических функций, обуславливающих устойчивость агроценозов и биосферы в целом, изучение гумусного состояния почв сельскохозяйственных земель в современных условиях имеет существенное научное и практическое значение. В последнее время изучению закономерностей изменения гумусного состояния почв в условиях многообразия действующих антропогенных факторов посвящено множество работ: исследована трансформация гумусовых веществ в почвах как при длительном систематическом применении различных систем удобрения, так и на фоне их последствий; выявлена взаимосвязь пространственной изменчивости содержания гумуса с рельефом и уровень его стабилизации в почвенных микроагрегатах в зависимости от условий землепользования; изучено влияние абиотических факторов на содержание, состав, динамику и устойчивость гумуса; проведен сравнительный анализ гумусного состояния целинных и пахотных почв [5–11 и др.].

Несмотря на большое разнообразие научных публикаций, посвященных данной тематике, в которых предлагаются различные методы и подходы к решению проблемы гумусного состояния почв, представленный аналитический материал является довольно разрозненным, нуждается в научном обобщении и систематизации, поскольку до настоящего времени нет единодушия, что касается набора контролируемых показателей при мониторинге гумусного состояния почв.

В работах [2, 12] отмечено, что исходной точкой при обсуждении вопросов, касающихся систематического контроля во времени и пространстве гумусного состояния почв, является выбор минимально необходимого и исчерпывающего перечня показателей. При этом выбор контролируемых показателей зависит от конкретной цели (оценки гумусного состояния с точки зрения характеристики степени окультуренности почв, повышения урожая, прогноза генезиса и эволюции почв и др.) [13, 14]. На сегодняшний день наиболее широкое применение в научных исследованиях при изучении особенностей гумуса разных типов почв и сравнительном анализе полученного материала получила система показателей гумусного состояния, разработанная Л. А. Гришиной и Д. С. Орловым, в дальнейшем переработанная и дополненная новыми показателями [15, 16]. По мнению Б. М. Когута [17], предложенные градации гумусированности почв можно рассматривать как глобальные, отражающие генетическую принадлежность почв.

Под воздействием различных видов антропогенной нагрузки увеличивается число внешних позитивных и негативных факторов, влияющих на формирование и функционирование гумусовой системы почв. В связи с этим необходим поиск показателей гумусного состояния почв, достаточно адекватно отражающих их генетические и агрономические особенности. При этом особого внимания заслуживает содержание трансформируемой части гумуса, которая наиболее информативно отражает изменчивость системы ГВ и особенности ее функционирования при агрогенных воздействиях разной степени интенсивности и продолжительности. В последнее время в условиях несбалансированного земледелия для более оперативного мониторинга ранних признаков изменений в составе и свойствах гумусовых веществ в многочисленных научных публикациях [14,

18–20] предлагаются различные диагностические показатели, которые могут быть использованы дополнительно к набору показателей гумусного состояния почв согласно [16]. Л. Г. Бакина [21] для оценки степени изменения гумусного состояния почв под влиянием агрогенеза рекомендуют использовать показатели подвижности и лабильности гумуса. По мнению М. Ф. Овчинниковой [22], для ранней индикации изменений в гумусном состоянии почв при агрогенном воздействии целесообразно применять показатели количественного соотношения первой и второй фракций гуминовых кислот (**ГК**) с соответствующими фракциями фульвокислот (**ФК**). Это особенно актуально при изучении особенностей трансформации гумуса дерново-подзолистых почв, которые наиболее чувствительны к хозяйственной деятельности человека [23].

В Республике Беларусь на долю дерново-подзолистых почв приходится более 70 % от общей площади сельскохозяйственных земель. Следовательно, оценка гумусного состояния этих почв приобретает особую значимость, позволяя выбрать рациональные способы управления количественными и качественными изменениями в составе гумуса для сохранения возможности выполнения почвами их основных природно-хозяйственных функций. Для установления достоверного влияния разных систем удобрения и конкретных видов органических удобрений на гумусное состояние дерново-подзолистых почв должны пройти как минимум 3–5 ротаций севооборота с их применением. Однако оценить разные виды органических удобрений по их действию на гумусное состояние почвы можно, проанализировав почвенные образцы, через год после их внесения.

Цель работы – изучение влияния различных видов органических удобрений при их одностороннем применении и в сочетании с минеральными удобрениями на гумусное состояние дерново-подзолистой супесчаной почвы через год после внесения.

Объекты и методы исследования. Исследования проводили в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком, почве в стационарном полевом опыте, заложенном в двух последовательно открывающихся полях в 2010–2011 гг. Пахотный слой исследуемой почвы перед закладкой опыта характеризовался следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} 5,5–5,7, гидролитическая кислотность – 1,2–1,4 смоль (экв)/кг, сумма поглощенных оснований – 7,9–8,2 смоль (экв)/кг, содержание гумуса – 2,25–2,58 %, P_2O_5 – 155–205 мг/кг, K_2O – 227–247 мг/кг почвы, CaO – 924–985 мг/кг, MgO – 138–171 мг/кг почвы. Исследования проводили в следующем звене севооборота: кукуруза на зеленую массу – рапс яровой – тритикале озимая. Общая площадь делянки – 20 м², повторность вариантов в опыте – четырехкратная, схема опыта представлена в табл. 2.

Все органические удобрения вносили под кукурузу весной под вспашку. В проводимом исследовании дозы компостов (вар. 5–8) выровнены по азоту с учетом его содержания в 60 т подстильного навоза КРС (вар. 3). Дозы жидкого навоза КРС и эффлюента (вар. 11, 13) по содержанию азота соответствовали дозе азота, внесенной с карбамидом (N_{90+60}) под кукурузу в варианте с минеральной системой удобрения. В опыте использовали эффлюент с биогазовой установки, расположенной в РУП «Племптицезавод «Белорусский» в Минской области и работающей на основе жидкого куриного помета (75 %) с добавлением полужидкого навоза КРС (25 %). В вариантах 12, 14 внесены двойные дозы жидких органических удобрений.

Торфо-лигнино-соломисто-навозный компост (**ТЛСНК**) приготовлен путем компостирования торфа, гидролизного лигнина и соломы с полужидким навозом КРС при соотношении компонентов 0,2:0,25:0,05:1; торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозный компост (**ТЖДСНК**) – при компостировании торфа, отходов свеклосахарного производства (жомы и дефеката) и соломы с полужидким навозом КРС в соотношении 0,1 : 0,2 : 0,2 : 0,05 : 1¹. Химический состав применяемых органических удобрений представлен в табл. 1.

Дозы минеральных удобрений под кукурузу составили $N_{90+60}P_{60}K_{140}$. В опыте минеральные удобрения в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия вносили под ранневесеннюю культивацию; азотные в виде карбамида – под предпосевную культивацию и в подкормку.

¹ Ресурсосберегающая технология компостирования полужидкого навоза с торфом и другими компонентами: рекомендации / В. В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: [б. и.], 2012. – 23 с.

Для выявления характера изменения гумусного состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы за короткий промежуток времени почвенные образцы отбирали из пахотного слоя (0–20 см) через год после внесения органических удобрений, т.е. весной перед посевом рапса ярового.

Т а б л и ц а 1. Агрохимические показатели органических удобрений

T a b l e 1. Agrochemical indicators of organic fertilizers

Органическое удобрение	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Органическое вещество	рН _{КС1}	Влажность, %
Подстилочный навоз КРС	0,43	0,26	0,33	0,13	0,06	19,2	7,9	77
ГЛСНК	0,43	0,23	0,36	0,31	0,09	21,0	7,3	71
ГЖДСНК	0,42	0,36	0,36	1,41	0,11	19,6	8,3	70
Вермикомпост	1,01	0,61	1,00	0,69	0,03	23,0	7,2	55
Жидкий навоз КРС	0,21	0,12	0,27	0,17	0,08	4,8	7,6	95
Эффлюент	0,52	0,32	0,33	0,17	0,07	6,2	8,1	96

В почвенных образцах обменную кислотность определяли по ГОСТ 26 483–85, гидролитическую кислотность – ГОСТ 26212–91; сумму поглощенных оснований – ГОСТ 26 488–85; содержание гумуса – ГОСТ 26213–91; подвижных форм фосфора и калия – ГОСТ 26207–91; обменных форм кальция и магния – ГОСТ 26 487–85. Фракционно-групповой состав гумуса определяли по методу И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой². Оценку показателей гумусного состояния почв проводили по системе Д. С. Орлова с соавт.³

На основе многолетних исследований в работе [22] для характеристики трансформации гумусовых веществ в дерново-подзолистых почвах под влиянием антропогенной нагрузки обоснована целесообразность применения показателей $C_{ГК-1}/C_{ФК-1}$ и $C_{ГК-2}/C_{ФК-2}$ для условной оценки интенсивности процесса гумификации на разных стадиях формирования гуминовых кислот. По мнению М. Ф. Овчинниковой, в дерново-подзолистых почвах отношение $C_{ГК-1}/C_{ФК-1}$ можно рассматривать как отражение первого этапа гумификации, или процесса новообразования ГК, а отношение $C_{ГК-2}/C_{ФК-2}$ является отчетливым отражением второй стадии гумификации, для которой характерен процесс полимеризации и усложнения гумусовых структур, или формирования гуматов. В наших исследованиях при выявлении изменений в гумусовой системе дерново-подзолистой супесчаной почвы через год после внесения органических удобрений мы посчитали возможным использовать данные показатели при оценке интенсивности процесса гумификации на разных стадиях усложнения гумусовых структур. Математическая обработка экспериментального материала проведена дисперсионным методом с использованием программы MS Excel.

Результаты и их обсуждение. В условиях проведения полевого опыта установлено, что в варианте без удобрений в составе гумусовых веществ дерново-подзолистой супесчаной почвы преобладали подвижные формы (свободные и связанные с подвижными формами R₂O₃, по терминологии И. В. Тюрина) при превалировании фульвокислот над гуминовыми кислотами, отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ равнялось 0,82, гумус характеризовался гуматно-фульватным типом со средней степенью гумификации органического вещества (26,3 %) (табл. 2, 3). В группе гуминовых кислот содержание ГК-1 в долевым выражении составило 49 % от общей суммы и оценивалось как среднее. Обогащенность гумуса гуматами кальция характеризовалась минимальным показателем (18 % от общего количества ГК) и в соответствии с градацией классифицировалась как очень низкая при высокой доли гуминовых кислот, прочно связанных с глинистыми минералами и устойчивыми полуторными оксидами (33 %). Фульвокислоты представлены в основном 1-й фракцией, доленое участие которой в общей сумме фульвокислот составило 51 %. На долю ФК-1а в составе фульвокислот приходилось 18 %, ФК-2 – 20 % при наименьшем удельном весе ФК-3 (всего 11 %).

² Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных) / сост.: В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова; ВАСХНИЛ, Центр. музей почвоведения им. В. В. Докучаева. – Л.: [б. и.], 1975. – 105 с.

³ Орлов Д. С., Бирюкова О. Н., Розанова М. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. – 2004. – № 8. – С. 918–926.

При выявлении характера изменения гумусного состояния исследуемой почвы за короткий промежуток времени под влиянием различных систем удобрения определено, что в почвенных образцах, отобранных через год после внесения органических удобрений, произошли определенные изменения в диагностируемых показателях гумусовой системы, что, по-видимому, обусловлено, как отмечала М. Ф. Овчинникова [23, 24], довольно высокой подвижностью и крайней чувствительностью гумуса дерново-подзолистых почв к агрогенному воздействию. Наблюдаемые изменения затронули практически все фракции гуминовых и фульвокислот, при этом характер этих изменений зависел от вида применяемых удобрений.

Т а б л и ц а 2. Влияние органических и минеральных удобрений на фракционный состав гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы, % от $C_{\text{общ}}$

Table 2. Effect of organic and mineral fertilizers on fractional composition of humus of sod-podzolic sandy loamy soil, % of C_{general}

Вариант опыта	$C_{\text{общ}}$, % от массы почвы	Гуминовые кислоты			Фульвокислоты			
		1	2	3	1a	1	2	3
1. Без удобрений	1,28	12,9	4,6	8,8	5,7	16,4	6,5	3,5
2. $N_{90+60}P_{60}K_{140}$ – фон	1,39	15,5	4,1	9,0	6,3	18,7	5,8	3,7
3. Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	1,36	17,8	5,5	9,5	5,4	18,9	6,8	4,5
4. Фон + Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	1,39	16,2	5,1	9,0	5,7	20,9	6,4	3,5
5. ТЛСНК, 60 т/га	1,34	18,5	6,4	9,7	5,4	17,1	8,2	4,3
6. Фон + ТЛСНК, 60 т/га	1,42	16,6	5,9	9,4	5,4	20,2	7,1	3,7
7. ТЖДСНК, 60 т/га	1,40	15,7	6,8	10,0	5,7	15,8	8,9	3,8
8. Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	1,50	14,0	5,7	9,6	6,0	18,0	8,2	3,6
9. Вермикомпост, 15 т/га	1,33	19,7	4,0	12,3	6,4	21,0	7,0	4,4
10. Фон + Вермикомпост, 15 т/га	1,40	15,8	3,3	10,1	6,9	19,4	5,6	3,8
11. Жидкий навоз КРС, 75 т/га	1,35	15,4	4,1	11,5	6,3	22,4	7,7	2,4
12. Жидкий навоз КРС, 150 т/га	1,35	16,1	4,2	12,0	7,2	23,1	7,8	2,6
13. Эффлюент, 30 т/га	1,35	17,9	2,8	10,0	6,0	15,8	11,9	3,1
14. Эффлюент, 60 т/га	1,32	18,6	3,0	10,6	6,6	16,7	12,3	3,2
HCP_{05}	0,15	1,1	0,4	0,7	0,7	1,5	0,9	0,3

Положительное влияние органических и минеральных удобрений на гумусовый комплекс прослеживается при анализе такого важного показателя, как степень гумификации органического вещества. На фоне применяемых удобрений наблюдалось увеличение данного показателя до уровня 28,6–36,0 % по сравнению с 26,3 % в неудобренном варианте. Более позитивные изменения установлены при одностороннем внесении органических удобрений по сравнению с минеральной и органоминеральной системами удобрения, что позволило определить уровень признака при внесении всех видов органических удобрений как высокий. Применение двойных доз жидких органических удобрений также способствовало некоторому смещению степени гумификации в сторону увеличения.

Несмотря на увеличение степени гумификации органического вещества, что можно расценивать как позитивный фактор, минеральные удобрения оказали отрицательное влияние на качество гумуса, способствуя изменению его фракционного состава. Под влиянием минеральных удобрений наиболее трансформируемыми оказались подвижные фракции: содержание ГК-1 достоверно увеличилось от 12,9 до 15,5 % от общего углерода почвы ($C_{\text{общ}}$) при суммарном повышении подвижных фракций фульвокислот от 22,1 до 25,0 %. При этом содержание фракций, связанных с кальцием, уменьшилось, что, по-видимому, обусловлено их частичным переходом в подвижное состояние за счет подкисления почвенного раствора на минеральном фоне. Определено, что при внесении минеральных удобрений величина рН водной вытяжки ($pH_{\text{водн.}}$) снизилась на 0,4 ед. По мнению М. Ф. Овчинниковой [24], перераспределение во фракциях обеих групп гумусовых веществ, прежде всего деструкция гуматов, которое может быть связано с подкисляющим действием минеральных удобрений и декальцинированием почвы, является одним из характерных

Т а б л и ц а 3. Влияние органических и минеральных удобрений на состав и соотношение групп и фракций гумусовых веществ дерново-подзолистой супесчаной почвы

Table 3. Effect of organic and mineral fertilizers on composition and ratio of groups and fractions of humus substances of sod-podzolic sandy loam soil

Вариант опыта	Степень гумификации, %	$\frac{C_{ГК}}{C_{ФК}}$	$\frac{C_{ГК-1}}{C_{ФК-1}}$	$\frac{C_{ГК-2}}{C_{ФК-2}}$	pH _{воды}
1. Без удобрений	26,3	0,82	0,79	0,71	6,3
2. N ₉₀₊₆₀ P ₆₀ K ₁₄₀ – фон	28,6	0,83	0,83	0,70	5,9
3. Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	32,8	0,92	0,94	0,81	7,0
4. Фон + Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	30,3	0,83	0,77	0,80	6,7
5. ТЛСНК, 60 т/га	34,6	0,99	1,08	0,79	7,0
6. Фон + ТЛСНК, 60 т/га	31,9	0,88	0,82	0,83	6,8
7. ТЖДСНК, 60 т/га	32,5	0,95	0,99	0,76	7,8
8. Фон + ТЖДСНК, 60 т/га	29,3	0,82	0,78	0,70	7,6
9. Вермикомпост, 15 т/га	36,0	0,93	0,94	0,57	6,5
10. Фон + Вермикомпост, 15 т/га	29,2	0,82	0,81	0,58	6,6
11. Жидкий навоз КРС, 75 т/га	31,0	0,80	0,69	0,53	6,8
12. Жидкий навоз КРС, 150 т/га	32,3	0,80	0,70	0,54	7,0
13. Эффлюент, 30 т/га	30,7	0,84	1,13	0,24	6,8
14. Эффлюент, 60 т/га	32,2	0,83	1,12	0,25	6,9
HCP ₀₅	2,5	0,07	0,08	0,05	0,5

признаков дестабилизации гумусного состояния дерново-подзолистых почв на уровне фракций гумусовых кислот. В целом относительное суммарное содержание гуминовых кислот на фоне внесения минеральных удобрений составило 28,6 % от $C_{\text{общ}}$, фульвокислот – 34,5 %, отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ находилось на уровне этого показателя в варианте без внесения удобрений.

При внесении подстилочного навоза и компостов, в отличие от минеральных удобрений, обнаружено увеличение всех фракций гумусовых соединений при более активном накоплении гуминовых кислот. Применение этих удобрений увеличило содержание ГК-1 в 1,2–1,4 раза; обеспечило существенное накопление наиболее ценной фракции ГК-2 до уровня 5,5–6,8 % против 4,6 % в варианте без удобрений. Изменение фракционно-группового состава гумуса при внесении органических удобрений, скорее всего, обусловлено содержанием значительного количества гумусовых веществ в них, что подтверждается данными авторов [22, 25, 26]. Наибольшим уровнем накопления гуминовых кислот (в сумме 34,6 %) характеризовался вариант с внесением ТЛСНК, что, по-видимому, связано с более высоким их содержанием в компостах на торфяной основе по сравнению с подстилочным навозом [22, 27, 28]. В варианте с внесением ТЖДСНК наблюдалось достоверное уменьшение содержания ГК-1 до 15,7 % против 17,8–18,5 % от $C_{\text{общ}}$ в вариантах с внесением подстилочного навоза и ТЛСНК. При этом выход 2-й фракции гуминовых кислот, связанных с кальцием, характеризовался максимальной по опыту величиной. Данная закономерность обусловлена введением в состав ТЖДСНК известкового мелиоранта в виде дефеката, в результате чего внесенный в почву кальций, как указывали авторы работ [21, 29], может взаимодействовать с гумусовыми кислотами 1-й фракции, увеличивая тем самым 2-ю фракцию. Полученные результаты также показали, что согласно системе показателей гумусного состояния почв только ТЖДСНК среди всех применяемых удобрений способствовал сдвигу кислотности водной вытяжки в исследуемой почве до слабощелочной реакции против слабокислой в варианте без удобрений и нейтральной в вариантах с внесением подстилочного навоза и ТЛСНК.

Что касается изменений в относительном содержании фульвокислот в почвенных образцах, отобранных через год после внесения навоза и компостов, то практически все наблюдаемые отклонения имели характер тенденции по сравнению с неудобренным вариантом.

На фоне подстилочного навоза и компостов диагностирована позитивная направленность в изменении показателя $C_{ГК}/C_{ФК}$. Отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ расширилось от 0,82 до 0,92–0,99, что указывало на усиление признака гуматности гумуса супесчаной почвы. Данный показатель в вари-

антах с внесением компостов характеризовался максимальными величинами по опыту, приближаясь к фульватно-гуматному типу.

Жидкие органические удобрения в меньшей степени влияли на суммарное содержание ГК в супесчаной почве по сравнению с твердыми удобрениями (подстилочный навоз КРС и компосты) при более интенсивном накоплении фульвокислот, что согласуется с результатами исследований А. П. Сафонова [30], по данным которого при внесении жидкого навоза также наблюдалось резкое увеличение фульвокислот. При этом отмечено, что содержание ФК-1 в варианте с внесением эффлюента характеризовалось более низкой величиной по сравнению с жидким навозом КРС. Биологическая диагностика показала, что при внесении эффлюента зафиксирована максимальная биологическая активность супесчаной почвы. В этой связи можно предположить, что на фоне наиболее интенсивной микробиологической деятельности наблюдалась усиленная минерализация химически менее сложных соединений, в данном случае ФК-1, фракция которых оказалась наименее стабильной. Относительное содержание ФК-1а в данном варианте, как и в остальных опытных вариантах, не подвергалось существенным колебаниям по сравнению с вариантом без удобрений, что, по-видимому, связано с большой скоростью их новообразования, в значительной мере компенсирующей минерализацию. В отличие от подстилочного навоза и компостов на фоне жидких органических удобрений установлено достоверное уменьшение показателя ГК-2. Внесение двойных доз этих удобрений хотя и приводило к некоторому увеличению всех фракций ГВ по сравнению с одинарной дозой, но ярко выраженных изменений во фракционно-групповом составе не обеспечило. Что касается отношения $C_{ГК}/C_{ФК}$, то независимо от дозы внесения жидкие органические удобрения практически не оказали влияния на данный показатель, наблюдаемые различия находились в пределах ошибки опыта.

Применение вермикомпоста способствовало довольно сильному увеличению суммарного относительного содержания как гуминовых (от 26,3 до 36,0 %), так и фульвокислот (с 32,1 до 38,8 %), в основном за счет подвижных фракций; отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ достигло 0,93. Однако, по-видимому, преждевременно констатировать, что вермикомпост благоприятствует протеканию процесса гумусообразования в гуматном направлении. По данным [31, 32], в вермикомпосте содержится значительно большее количество ГВ по сравнению с традиционными видами твердых органических удобрений, что и привело, скорее всего, к получению более высоких показателей по относительному содержанию гуминовых и фульвокислот в почве. При этом, как и в случае с жидкими органическими удобрениями, наблюдалось существенное снижение содержания наиболее ценной с агрономической точки зрения фракции ГК-2, что указывало на снижение качества гумуса.

Анализ данных, отражающих совместное влияние органических и минеральных удобрений на гумусное состояние дерново-подзолистой супесчаной почвы за короткий промежуток времени, показал, что при органоминеральной системе удобрения эффективность органических удобрений снижалась. Это проявилось в уменьшении суммарного содержания гуминовых кислот при одновременном увеличении фульвокислот и, прежде всего, их подвижных фракций. В результате отношение $C_{ГК}/C_{ФК}$ сузилось до уровня 0,82–0,88, степень гумификации уменьшилась до 29,2–31,9 %.

Расчет долевого участия отдельных фракций гуминовых кислот в их общей сумме на фоне применяемых удобрений показал увеличение доли ГК-1 до 52–55 % при внесении минеральных удобрений, подстилочного навоза, ТЛСНК, вермикомпоста и их сочетании. Максимальный прирост доли ГК-1 (+9 %) при наиболее низком долевым участии ФК-1 (43 % от суммы фульвокислот против 51 % в варианте без удобрений) обеспечило применение эффлюента. Внесение ТЖДСНК и жидкого навоза КРС не оказало влияние на изменение доли ГК-1 в составе гуминовых кислот. Таким образом, несмотря на существенную разницу в относительном содержании ГК-1 в исследуемых вариантах под влиянием различных систем удобрения, их доленое участие в общей сумме гуминовых кислот характеризовалось как среднее, что соответствовало данному признаку в неудобренном варианте. Доля 3-й фракции гуминовых кислот, прочно связанных с глинистыми минералами и устойчивыми полуторными оксидами, также не изменилась по сравнению с вариантом без удобрений и оценивалась как высокая. Более выраженная контрастность в варьировании отмечена для гуминовых кислот, связанных с кальцием, доля которых в вариантах с минеральными удобрениями, вермикомпостом и жидким навозом КРС снизилась до 11–14 % против 18 % в варианте без удобрений, что свидетельствовало о деструктивных изменениях

гуматов. Тем не менее, согласно грациям гумусного состояния, их долевое участие находилось на уровне варианта без удобрений и классифицировалось как очень низкое. Усиление негативных качеств гумуса отмечено при внесении эффлюента, где доля наиболее ценной фракции ГК-2 уменьшилась до 9 %, что характеризовалось как крайне низкое.

Условная оценка интенсивности процесса гумификации на разных стадиях формирования гуминовых кислот, предложенная М.Ф. Овчинниковой⁴, показала, что наиболее благоприятные условия складывались при внесении подстилочного навоза и компостов. Показатель $C_{ГК-1}/C_{ФК-1}$, отражающий направленность новообразования ГК и формирования их подвижных форм, в данных вариантах достиг 0,94–1,08 при существенном увеличении также интенсивности второй стадии гумификации, характеризуемой показателем $C_{ГК-2}/C_{ФК-2}$. При этом максимальные величины по показателю $C_{ГК-1}/C_{ФК-1}$ на уровне 1,12–1,13 получены на фоне применения эффлюента. Однако активизация новообразования ГК-1 в этих вариантах сопряжена с наибольшей по опыту деструкцией гуматов, на что указывали минимальные значения $C_{ГК-2}/C_{ФК-2}$ (0,24–0,25). При оценке интенсивности процесса полимеризации гумусовых структур и формирования гуматов довольно выраженное ослабление процесса гумификации на данной стадии установлено также в вариантах с внесением жидкого навоза КРС и вермикомпоста, что является одним из признаков деградации гумуса.

Заключение. Оценка изменения гумусного состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы за короткий промежуток времени под влиянием разных систем удобрения показала, что по большинству показателей наиболее позитивные изменения отмечены при органической системе удобрения с внесением подстилочного навоза КРС и компостов (торфо-лиггино-соломисто-навозного и торфо-жомо-дефекато-соломисто-навозного): степень гумификации органического вещества увеличилась от 26,3 до 32,5–34,6 % при расширении отношения $C_{ГК}/C_{ФК}$ до 0,92–0,99, что позволило определить уровень гумификации как высокий против среднего в неудобренном варианте и $C_{ГК}/C_{ФК}$, равным 0,82. Применение этих органических удобрений оказало стимулирующее действие на процесс полимеризации гумусовых структур и формирование гуматов: показатель $C_{ГК-2}/C_{ФК-2}$ составил 0,76–0,81 при увеличении относительного содержания ГК-2 до 5,5–6,8 % от $C_{общ.}$. В отношении показателя $C_{ГК-1}/C_{ФК-1}$, характеризующего направленность новообразования ГК и формирования их подвижных форм, также отмечено достоверное повышение на 19–37 % относительно варианта без удобрений при увеличении содержания ГК-1 до 15,7–18,5 %.

Внесение вермикомпоста и жидких органических удобрений (жидкого навоза КРС и эффлюента) способствовало снижению показателя $C_{ГК-2}/C_{ФК-2}$ до 0,24–0,58 при уменьшении долевого участия ГК-2 в общей сумме гуминовых кислот до 9–14 % против 18 % в варианте без удобрений, что свидетельствовало о деструкции гуматов и ухудшении качества гумуса.

Таким образом, наиболее значимы для воспроизводства органического вещества почвы и качества гумуса твердые виды органических удобрений, такие как подстилочный навоз и разные виды компостов.

Жидкий навоз, эффлюент, вермикомпост в экологически безопасных дозах усиливают минерализацию гуматов и способствуют снижению качества гумуса. В севооборотах с применением данных видов удобрений воспроизводство органического вещества почвы следует планировать за счет дополнительного внесения источников органического вещества с широким соотношением C/N (например, соломы).

Список использованных источников

1. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1980. – 287 с.
2. Гришина, Л. А. Гумусообразование и гумусное состояние почв / Л. А. Гришина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 244 с.
3. Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 325 с.

⁴ Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв / ВАСХНИЛ, Почв. ин-т им. В.В. Докучаева: сост. К.В. Дьяконова. – М., 1984. – 96 с.

4. *Тюрин, И. В.* Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И. В. Тюрин ; Акад. наук СССР, Почв. ин-т им. В. В. Докучаева. – М.: Наука, 1965. – 320 с.
5. *Шевцова, Л. К.* Гумусное состояние и азотный фонд основных типов почв при длительном использовании удобрений: дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.04 / Л. К. Шевцова. – М., 1988. – 460 л.
6. Стабилизация органического углерода в микроагрегатах дерново-подзолистых почв в зависимости от характера землепользования / З. С. Артемьева [и др.] // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17, Почвоведение.* – 2013. – № 3. – С. 19–26.
7. *Володарская, И. В.* Агрогенная трансформация гумуса дерново-подзолистых почв на основе исследования информации длительных опытов: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.04 / И. В. Володарская ; Всерос. науч.-исслед. ин-т удобрений и агропочвоведения им. Д. Н. Прянишникова. – М., 2001. – 24 с.
8. *Завьялова, Н. Е.* Гумусное состояние дерново-подзолистых почв Предуралья при различном землепользовании и длительном применении удобрений и извести: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.04 / Н. Е. Завьялова; Всерос. науч.-исслед. ин-т агрохимии им. Д. Н. Прянишникова. – М., 2007. – 44 с.
9. *Канзываа, С. О.* Оптимизация гумусного состояния тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почв длительных опытов ЦОСВИУА на основе информационной базы данных: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.04 / С. О. Канзываа ; Всерос. науч.-исслед. ин-т удобрений и агропочвоведения им. Д. Н. Прянишникова. – М., 2002. – 28 с.
10. *Митяшина, С. Н.* Влияние последействия различных систем применения удобрений на гумусовое состояние и подвижность тяжелых металлов в дерново-подзолистых суглинистых почвах: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.27 / С. Н. Митяшина; С.-Петерб. гос. аграр. ун-т. – СПб. ; Пушкин, 2005. – 21 с.
11. *Цыганова, Н. А.* Изменение гумусного состояния дерново-подзолистых почв Северо-Запада Нечерноземной зоны при их сельскохозяйственном использовании: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Н. А. Цыганова; С.-Петерб. гос. аграр. ун-т. – СПб., 2002. – 19 с.
12. *Орлов, Д. С.* Система показателей гумусного состояния почв / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова // *Методы исследований органического вещества почв : сб. ст. / Всерос. науч.-исслед., конструкт. и проект.-технол. ин-т орган. удобрений и торфа ; редкол.: А. И. Еськов [и др.]. – Владимир, 2005. – С. 6–17.*
13. *Когут, Б. М.* Система мониторинга запасов и качества органического вещества почв / Б. М. Когут // *Гуминовые вещества в биосфере: тр. V Всерос. конф., Санкт-Петербург, 1–4 марта 2010 г. / С.-Петерб. гос. ун-т; редкол.: Б. Ф. Апарин [и др.]. – СПб., 2010. – Ч. 2. – С. 534–539.*
14. *Савич, В. И.* Агрономическая оценка гумусового состояния почв / В. И. Савич, Е. В. Трубицина, Ж. Норвусурен // *Методы исследований органического вещества почв : сб. ст. / Всерос. науч.-исслед., конструкт. и проект.-технол. ин-т орган. удобрений и торфа ; редкол.: А. И. Еськов [и др.]. – Владимир, 2005. – С. 17–29.*
15. *Гришина, Л. А.* Система показателей гумусного состояния почв / Л. А. Гришина, Д. С. Орлов // *Химия и биология почв: тез. докл. V Всесоюз. съезда почвоведов, Минск, 11–15 июля 1977 г. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии ; редкол.: Н. Г. Зырин [и др.]. – Минск, 1977. – Вып. 2. – С. 3–5.*
16. *Орлов, Д. С.* Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, М. С. Розанова // *Почвоведение.* – 2004. – № 8. – С. 918–926.
17. *Когут, Б. М.* Оценка содержания гумуса в пахотных почвах России / Б. М. Когут // *Почвоведение.* – 2012. – № 9. – С. 944–952.
18. *Володарская, И. В.* Использование показателей фракционно-группового состава и оптических свойств гумуса для обоснования результатов системного изучения агрогенной трансформации органического вещества (по исследованиям в длительных опытах на средне- и тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почвах / И. В. Володарская, С. О. Канзываа, Н. Е. Завьялова // *Методы исследований органического вещества почв : сб. ст. / Всерос. науч.-исслед., конструкт. и проект.-технол. ин-т орган. удобрений и торфа ; редкол.: А. И. Еськов [и др.]. – Владимир, 2005. – С. 86–101.*
19. *Когут, Б. М.* Трансформация гумусового состояния черноземов при их сельскохозяйственном использовании: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 03.00.27 / Б. М. Когут; Почв. ин-т им. В. В. Докучаева. – М., 1996. – 45 с.
20. *Окопелова, А. А.* Экологические принципы сохранения почвенного покрова / А. А. Окопелова, О. С. Безуглова, Г. С. Егорова ; Волгогр. гос. техн. ун-т. – Волгоград: Политехник, 2006. – 94 с.
21. *Бакина, Л. Г.* Роль фракций гумусовых веществ в почвенно-экологических процессах: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.03 / Л. Г. Бакина; С.-Петерб. гос. агрофиз. ин-т Рос. акад. с.-х. наук. – СПб., 2012. – 50 с.
22. *Овчинникова, М. Ф.* Особенности трансформирования гумусовых веществ в разных условиях землепользования (на примере дерново-подзолистой почвы) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.27 / М. Ф. Овчинникова ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М., 2007. – 49 с.
23. *Овчинникова, М. Ф.* Признаки природной устойчивости и агрогенной трансформации гумуса почв / М. Ф. Овчинникова // *Почвоведение.* – 2013. – № 12. – С. 1449–1463. doi:10.7868/S0032180X13120083.
24. *Овчинникова, М. Ф.* Особенности трансформации гумусовых веществ дерново-подзолистых почв при агрогенных воздействиях / М. Ф. Овчинникова // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17, Почвоведение.* – 2009. – № 1. – С. 12–18.
25. *Барановский, И. Н.* Влияние ТМАУ на развитие микроорганизмов и гумусовый режим дерново-подзолистых суглинистых почв / И. Н. Барановский // *Записки / Ленингр. с.-х. ин-т. – Л. ; Пушкин, 1973. – Т. 206: Гумус и почвообразование.* – С. 19–29.
26. *Люжин, М. Ф.* Влияние однократного внесения навоза на содержание и состав гумуса в дерново-подзолистой суглинистой почве / М. Ф. Люжин, И. Н. Барановский // *Записки / Ленингр. с.-х. ин-т. – Л. ; Пушкин, 1973. – Т. 206: Гумус и почвообразование.* – С. 46–51.

27. Барановский, И. Н. Влияние равновеликих доз навоза и ТМАУ на содержание и состав гумуса в дерново-подзолистой суглинистой почве / И. Н. Барановский // Науч. тр. / Ленингр. с.-х. ин-т. – Л. ; Пушкин, 1976. – Т. 296: Гумус и почвообразование. – С. 21–27.
28. Пупков, А. М. Влияние навоза и ТМАУ на содержание гумуса и его групповой состав в дерново-подзолистых песчаных и легкосуглинистой почвах / А. М. Пупков, В. Н. Колодка // Науч.тр. / Ленингр. с.-х. ин-т. – Л. ; Пушкин, 1978. – Т. 354: Гумус и почвообразование. – С. 48–54.
29. Влияние известкования на комплекс почвенных микроорганизмов и гумусовое состояние дерново-подзолистой почвы в многолетнем опыте / Л. Г. Бакина [и др.] // Почвоведение. – 2014. – №2. – С. 225–234. doi: 10.7868/S0032180X14020026.
30. Сафронов, А. П. Влияние извести и органических удобрений на содержание и состав гумуса в дерново-подзолистых почвах / А. П. Сафронов // Агрочесоведение и плодородие почв: Всесоюз. науч. конф., Ленинград, 16–18 дек. 1986 г. : Органическое вещество в почвообразовании и плодородии почв: тез. докл. / Ленингр. гос. ун-т; редкол.: В. Т. Минеев [и др.]. – Л., 1986. – С. 21–22.
31. Орлов, Д. С. Гуминовые вещества вермикопостов / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова // Агрехимия. – 1996. – №12. – С. 60–67.
32. Покровская, С. Ф. Использование дождевых червей для переработки органических отходов и повышения плодородия почв (вермиккультура) / С. Ф. Покровская. – М. : ВНИИТЭИагропром, 1991. – 37 с. – (Обзорная информация / ВНИИТЭИагропром).

References

1. Aleksandrova L. N. *Organicheskoe veshchestvo pochvy i protsessy ego transformatsii* [Organic matter of soil and processes of its transformation]. Leningrad, NaukaPubl., Leningradskoe otdelenie, 1980. 287 p. (In Russian).
2. Grishina L.A. *Gumusoobrazovanie i gumusnoe sostoyanie pochv* [Humus formation and humus content of soils]. Moscow, Publishing house of Moscow University, 1986. 244 p. (In Russian).
3. Orlov D. S. *Gumusovye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii* [Humus acids of soils and general theory of humification]. Moscow, Publishing house of Moscow State University, 1990. 325 p. (In Russian).
4. Tyurin I. V. *Organicheskoe veshchestvo pochvy i ego rol' v plodorodii* [Organic matter of soil and its role in fertility]. Moscow, NaukaPubl., 1965. 320 p. (In Russian).
5. Shevtsova L. K. *Gumusnoe sostoyanie i azotnyy fond osnovnykh tipov pochv pri dlitel'nom ispol'zovanii udobreniy. Diss. dokt. biol. nauk* [Humus content and nitrogen fund of the main soil types with long-term use of fertilizers. Ph.D. thesis in biological science]. Moscow, 1988. 460 p. (In Russian).
6. Artemyeva Z. S., Ryzhova I. M., Sileva T. M., Erokhova A. A. Organic carbon stabilization in microaggregates of sod-podzolic soils depending on landuse. *Moscow University Soil Science Bulletin*, 2013, vol. 68, no. 3, pp. 116–122. doi: 10.3103/S0147687413030022.
7. Volodarskaya I. V. *Agrogennaya transformatsiya gumusa dernovo-podzolistykh pochv na osnove issledovaniya informatsii dlitel'nykh opytov. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Agrogenic transformation of humus of sod-podzolic soils on the basis of study of long-term experiment information. Abstract of Ph.D. thesis in biological science]. Moscow, 2001. 24 p. (In Russian).
8. Zav'yalova N. E. *Gumusnoe sostoyanie dernovo-podzolistykh pochv Predural'ya pri razlichnom zemlepol'zovanii i dlitel'nom primenении udobreniy i izvesti. Avtoref. diss. dokt. biol. nauk* [Humus content of sod-podzolic soils of the piedmont of the western Urals with different land use and long-term application of fertilizers and lime. Abstract of Ph.D. thesis in biological science]. Moscow, 2007. 44 p. (In Russian).
9. Kanyzva S. O. *Optimizatsiya gumusnogo sostoyaniya tzhelosuglinistykh dernovo-podzolistykh pochv dlitel'nykh opytov COSVIUA na osnove informatsionnoy bazy dannykh. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Optimization of humus content of heavy loamy sod-podzolic soils of long-term DSP testing of VIVA based on the information database. Abstract of Ph.D. thesis in biological science]. Moscow, 2002. 28 p. (In Russian).
10. Mityashina S. N. *Vliyaniye posledeystviya razlichnykh sistem primeneniya udobreniy na gumusovoe sostoyanie i podvizhnost' tyazhelykh metallov v dernovo-podzolistykh suglinistykh pochvakh. Avtoref. diss. kand. s.-kh. nauk* [Influence of the consequences of various systems of fertilizers application on humus content and mobility of heavy metals in sod-podzolic loamy soils. Abstract of Ph.D. thesis in agricultural science]. St. Petersburg, Pushkin, 2005. 21 p. (In Russian).
11. Tsyganova N. A. *Izmeneniye gumusnogo sostoyaniya dernovo-podzolistykh pochv Severo-Zapada Nechernozemnoy zony pri ikh sel'skokhozyaystvennom ispol'zovanii. Avtoref. diss. kand. s.-kh. nauk* [Change in the humus content of sod-podzolic soils of the Northwest of the Non-chernozem zone with their agricultural use. Abstract of Ph.D. thesis in agricultural science]. St. Petersburg, 2002. 19 p. (In Russian).
12. Orlov D. S., Biryukova O. N. *Sistema pokazateley gumusnogo sostoyaniya pochv* [System of indicators of humus content of soils]. *Metody issledovaniy organicheskogo veshchestva pochv* [Methods for studying organic matter of soils]. Vladimir, 2005, pp. 6–17. (In Russian).
13. Kogut B. M. *Sistema monitoringa zapasov i kachestva organicheskogo veshchestva pochv* [System of monitoring of reserves and quality of soil organic matter]. *Guminye veshchestva v biosfere: trudy V Vserossiyskoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 1–4 marta 2010 g.* [Humic substances in biosphere: proceedings of the V All-Russian conference, St. Petersburg, 1–4 March 2010]. St. Petersburg, 2010, pt. 2, pp. 534–539. (In Russian).

14. Savich V. I., Trubitsina E. V., Norovsuren Zh. *Agronomicheskaya otsenka gumusovogo sostoyaniya pochv* [Agronomical assessment of humus content of soils]. *Metody issledovaniy organicheskogo veshchestva pochv* [Methods of studying organic matter of soils]. Vladimir, 2005, pp. 17–29. (In Russian).
15. Grishina L. A., Orlov D. S. *Sistema pokazateley gumusnogo sostoyaniya pochv* [System of indicators of humus content of soils]. *Khimiya i biologiya pochv: tezisy dokladov V Vsesoyuznogo s'ezda pochvovedov, Minsk, 11–15 iyulya 1977 g.* [Chemistry and biology of soils: abstracts of the V All-Union congress of Soil Scientists, Minsk, 11–15 July 1977]. Minsk, 1977, no. 2, pp. 3–5. (In Russian).
16. Orlov D. S., Biryukova O. N., Rozanova M. S. *Dopolnitel'nye pokazateli gumusnogo sostoyaniya pochv i ikh geneticheskikh gorizontov* [Additional indicators of humus content of soils and their genetic horizons]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2004, no. 8, pp. 918–926. (In Russian).
17. Kogut B. M. Assessment of the humus content in arable soils of Russia. *Eurasian Soil Science*, 2012, vol. 45, no. 9, pp. 843–851. doi: 10.1134/S1064229312090062.
18. Volodarskaya I. V. *Ispol'zovanie pokazateley fraktsionno-gruppovogo sostava i opticheskikh svoystv gumusa dlya obosnovaniya rezul'tatov sistemnogo izucheniya agrogennoy transformatsii organicheskogo veshchestva (po issledovaniyam v dlitel'nykh opytakh na sredne- i tyazhelosuglinistykh dernovo-podzolistykh pochvakh)* [Use of the indicators of group-fractional composition and optical properties of humus to substantiate the results of system study of agrogenic transformation of organic matter (according to the studies in long-term experiments on medium- and heavy-loamy sod-podzolic soils)]. *Metody issledovaniy organicheskogo veshchestva pochv* [Methods of studying organic matter of soils]. Vladimir, 2005, pp. 86–101. (In Russian).
19. Kogut B. M. *Transformatsiya gumusovogo sostoyaniya chernozemov pri ikh sel'skokhozyaystvennom ispol'zovanii. Avtoref. diss. dokt. s.-kh. nauk* [Transformation of the humus content of chernozem soils during their agricultural use. Abstract of Ph.D. thesis in agricultural science]. Moscow, 1996. 45 p. (In Russian).
20. Okopelova A. A., Bezuglova O. S., Egorova G. S. *Ekologicheskie printsipy sokhraneniya pochvennogo pokrova* [Ecological principles of soil cover conservation]. Volgograd, Politekhnik Publ., 2006. 94 p. (In Russian).
21. Bakina L. G. *Rol' fraktsiy gumusovykh veshchestv v pochvenno-ekologicheskikh protsessakh. Avtoref. diss. dokt. biol. nauk* [Role of fractions of humic substances in soil-ecological processes. Abstract of Ph.D. thesis in biological science]. St. Petersburg, 2012. 50 p. (In Russian).
22. Ovchinnikova M. F. *Osobennosti transformirovaniya gumusovykh veshchestv v raznykh usloviyakh zemlepol'zovaniya (na primere dernovo-podzolistoy pochvy). Avtoref. diss. dokt. biol. nauk* [Peculiarities of transformation of humic substances in different conditions of land use (using the example of sod-podzolic soil. Abstract of Ph.D. thesis in biological science)]. Moscow, 2007. 49 p. (In Russian).
23. Ovchinnikova M. F. Features of natural stability and agrogenic transformation of soil humus. *Eurasian Soil Science*, 2013, vol. 46, no. 12, pp. 1449–1463. doi: 10.1134/S1064229313120053.
24. Ovchinnikova M. F. Transformation of humic substances in soddy-podzolic soils under agrogenic impacts. *Moscow University Soil Science Bulletin*, 2009, vol. 64, no. 1, pp. 10–16. doi: 10.3103/S0147687409010025.
25. Baranovskiy I. N. *Vliyaniye TMAU na razvitiye mikroorganizmov i gumusovyy rezhim dernovo-podzolistykh suglinistykh pochv* [Influence of TMAU on the development of microorganisms and humus regime of sod-podzolic loamy soils]. *Zapiski Leningradskogo sel'skokhozyaystvennogo instituta* [Notes of Leningrad Agricultural Institute]. Leningrad, Pushkin, 1973, vol. 206, pp. 19–29. (In Russian).
26. Lyuzhin M. F. *Vliyaniye odnokratnogo vnesheniya navoza na sodержanie i sostav gumusa v dernovo-podzolistoy suglinistoy pochve* [Influence of a single application of manure on the content and composition of humus in sod-podzolic loamy soil]. *Zapiski Leningradskogo sel'skokhozyaystvennogo instituta* [Notes of Leningrad Agricultural Institute]. Leningrad, Pushkin, 1973, vol. 206, pp. 46–51. (In Russian).
27. Baranovskiy I. N. *Vliyaniye ravnovelikikh doz navoza i TMAU na sodержanie i sostav gumusa v dernovo-podzolistoy suglinistoy pochve* [Influence of equal doses of manure and TMAU on the content and composition of humus in sod-podzolic loamy soil]. *Nauchnye trudy Leningradskogo sel'skokhozyaystvennogo instituta* [Scientific works of Leningrad Agricultural Institute]. Leningrad, Pushkin, 1976, vol. 296, pp. 21–27. (In Russian).
28. Pupkov A. M., Kolodka V. N. *Vliyaniye navoza i TMAU na sodержanie gumusa i ego gruppovoy sostav v dernovo-podzolistykh peschanykh i legkosuglinistoy pochvakh* [Influence of manure and TMAU on the humus content and its group composition in sod-podzolic sandy and light loamy soils]. *Nauchnye trudy Leningradskogo sel'skokhozyaystvennogo instituta* [Scientific works of Leningrad Agricultural Institute]. Leningrad, Pushkin, 1978, vol. 354, pp. 48–54. (In Russian).
29. Bakina L. G., Chugunova M. V., Zaitseva T. B., Nebol'sina Z. P. The effect of liming on the complex of soil microorganisms and the humus status of soddy-podzolic soil in a long-term experiment. *Eurasian Soil Science*, 2014, vol. 47, no. 2, pp. 110–118. doi: 10.1134/S1064229314020021.
30. Safonov A. P. *Vliyaniye izvesti i organicheskikh udobreniy na sodержanie i sostav gumusa v dernovo-podzolistykh pochvakh* [Influence of lime and organic fertilizers on the content and composition of humus in sod-podzolic soils]. *Agropochvovedeniye i plodorodiye pochv: Vsesoyuznaya nauchnaya konferentsiya, Leningrad, 16–18 dekabrya 1986 g.* [Agricultural soil science and soil fertility: All-Union scientific conference, Leningrad, December 16–18, 1986]. Leningrad, 1986, pp. 21–22. (In Russian).
31. Orlov D. S., Biryukova O. N. *Guminovyye veshchestva vermikompostov* [Humic substances of vermicomposts]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 1996, no. 12, pp. 60–67. (In Russian).
32. Pokrovskaya S. F. *Ispol'zovanie dozhdevykh chervey dlya pererabotki organicheskikh otkhodov i povysheniya plodorodiya pochv (vermikul'tura)* [Use of earthworms for processing organic waste and increasing soil fertility (vermiculture)]. Moscow, VNIITEIagroprom, 1991. 37 p. (In Russian).

Информация об авторах

Богатырева Елена Николаевна – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории органического вещества почвы, Институт почвоведения и агрохимии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Казинца, 62, 220108 Минск, Беларусь). E-mail: elena_trokai68@mail.ru

Серая Таисия Михайловна – кандидат с.-х. наук, доцент, зав. лабораторией органического вещества почвы, Институт почвоведения и агрохимии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Казинца, 62, 220108 Минск, Беларусь). E-mail: seraya@tut.by

Бирюкова Ольга Михайловна – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории органического вещества почвы, Институт почвоведения и агрохимии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Казинца, 62, 220108 Минск, Беларусь). E-mail: Olja707@gmail.com

Information about authors

Bogatyrova Elena N. – Ph.D. (Agricultural). The Institute for Soil Science and Agrochemistry, the National Academy of Sciences of Belarus (62 Kazinets Str., Minsk 220108, Belarus). E-mail: elena_trokai68@mail.ru

Seraya Taisiya M. – Ph.D. (Agricultural), Assistant Professor. The Institute for Soil Science and Agrochemistry, the National Academy of Sciences of Belarus (62 Kazinets Str., Minsk 220108, Belarus). E-mail: seraya@tut.by

Biryukova Olga M. – Ph.D. (Agricultural). The Institute for Soil Science and Agrochemistry, the National Academy of Sciences of Belarus (62 Kazinets Str., Minsk 220108, Belarus). E-mail: elena_trokai68@mail.ru

Нацыянальная акадэмія навук Беларусі