



# Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.816:631.417.2

© 2020

## ВПЛИВ РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА КІЛЬКІСТЬ І ЯКІСНИЙ СКЛАД ГУМУСУ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ

Є.В. Скрильник<sup>1</sup>, А.М. Кутова<sup>2</sup>, В.А. Гетманенко<sup>3</sup>, Я.О. Герасименко<sup>4</sup>

<sup>1</sup>доктор сільськогосподарських наук

<sup>2,3</sup>кандидати сільськогосподарських наук

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна

e-mail: <sup>1-4</sup>orgminlab@gmail.com

Надійшла 2.06.2020

**Мета.** Установити закономірності змін фракційно-групового складу гумусу дерново-підзолистого ґрунту під впливом різних систем удобрення в умовах Західного Полісся. **Методи.** Польові, лабораторно-аналітичні, розрахункові. **Результати.** На фоні вапнування за органічної системи удобрення спостерігається позитивна тенденція до підвищення гумінових кислот в орному шарі ґрунту, за орґано-мінеральної системи удобрення створюються умови для накопичення стійких до руйнування сполук органічної речовини ґрунту, тип гумусу змінився з дуже фульватного на фульватний. За орґано-мінеральної системи удобрення утворюються найсприятливіші умови для накопичення гумусу в орному шарі ґрунту, уміст гумусу збільшився на 28,6% порівняно з контролем. Ступінь рухомості всієї системи гумусних речовин змінювався у бік збільшення за орґано-мінеральної системи удобрення і зменшення за мінеральної та органічної систем удобрення порівняно з контролем і фоном вапнування. **Висновки.** Під час тривалого сільськогосподарського використання дерново-підзолистого ґрунту під зерно-просапною сівозміною за орґано-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування уміст гумусу в орному шарі підвищився до 1,53%, ступінь гуміфікації органічної речовини змінився з дуже високого на високий. З унесенням у ґрунт свіжої органічної речовини у вигляді гною за органічної та орґано-мінеральної систем удобрення збільшився уміст рухомих гумусних речовин і активізувалося новоутворення гумінових кислот, унесення лише мінеральних добрив підвищило уміст фульвокислот в органічній речовині ґрунту.

**Ключові слова:** застосування добрив, фракційно-груповий склад, гумінові кислоти, фульвокислоти.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202008-02>

Органічна речовина ґрунту, її склад, запаси, особливості якісних характеристик є основними показниками родючості ґрунтів, зміна яких значною мірою залежить від інтенсивності агрозаходів, зокрема системи застосування добрив [1, 2]. Збереження і підвищення родючості дерново-підзолистого ґрунту безпосередньо пов'язано із застосуванням органічних і мінеральних добрив, які істотно впливають на агрохімічні властивості. У більшості випадків їх дія на ґрунт позитивна і сприяє не лише стабілізації, а й поліпшенню параметрів родючості. При цьому роль органічних і мінеральних добрив принципово різна. Органічні добрива мають прямий і непрямий вплив на гумус ґрунту: зі збільшенням кількості кореневих і післяжнивних залишків за умов унесення органічних добрив додається органічна речовина самих добрив. Мінеральні добрива переважно опосередковано впливають на родючість ґрунту: через біомасу рослинних залишків, кислотний режим ґрунту, активність біологічних процесів.

Низька природна родючість дерново-підзолистих ґрунтів Полісся зумовлена передусім високою фільтрацією ґрунту, низькою ємністю вбирання хімічних елементів, переважанням низхідних потоків вологи, що сприяє високій міграції водорозчинних речовин і вимиванню їх за межі гумусного шару [3].

Як показали дослідження [4], за умов тривалого (60 років) застосування органічних і мінеральних добрив у 8-пільній сівозміні на легкосуглинкових ґрунтах вихідний рівень гумусу знизився на контролі (без добрив) і мінеральній системі удобрення на 30–40%. Зменшення вмісту гумусу супроводжувалося зміною основних параметрів його якісного складу: зниженням вмісту гумінових кислот, посиленням фульватизації, збідненням органічної речовини ґрунту активними сполуками, що легко мінералізуються. Низький рівень вмісту хімічно і фізіологічно активних органічних речовин у складі гумусу ґрунтів призводить до незахищеності стійкої центральної частини макромолекул гумінових кислот (ГК), спричиняючи її трансформацію і піддаючи біологічному і хімічному руйнуванню, що зумовлює зниження вмісту загального вуглецю ґрунту і втрату родючості.

У досліджах на легкосуглинкових дерново-підзолистих ґрунтах органічні добрива підтримували рівень вмісту гумусу і поліпшували якісні показники органічної речовини порівняно з контролем, а із застосуванням мінеральної системи удобрення посилювалася дегуміфікація, погіршуючи склад органічної речовини ґрунту [5].

У ряді досліджень за органо-мінеральної системи внесення добрив порівняно з окремим застосуванням мінеральних і органічних добрив відзначали факт збільшення Сорґ у ґрунті [6–8].

Специфічність ознак трансформації гумусних речовин і ступінь їх вираженості за різних проявів агрогенного впливу є відображенням характеру і глибини зміни умов гуміфікації. Провідна роль у прояві ознак деградаційної і реградаційної трансформації належить гуміновим кислотам, передусім фракціям ГК-1 і ГК-2, відповідальним за забезпечення агрономічної цінності гумусу і його екологічної стабільності [9]. У різних агроумовах спостерігається послаблення або активізація процесів новоутворення гумусних структур і їх полімеризація, що призводить до зміни вмісту, складу, структури і властивостей ГК. За дефіциту гумусоутворювачів, окиснення і декальцинації, які спостерігаються за умов сільськогосподарського використання ґрунтів, без агрохімічних засобів або з одностороннім застосуванням мінеральних добрив уже після 4-х років обробітку спостерігається хімічна (фізико-хімічна) деградація гумусу. Зі зростанням тривалості сільськогосподарського використання ґрунту без агрохімічних засобів відзначено посилення цієї ознаки та істотне зниження процесу новоутворення гумінових кислот [10].

Результати дослідників підтверджують наявність різноспрямованих змін фракційно-групового складу гумусу за умов застосування різних систем удобрення [4, 9, 11, 12].

**Мета досліджень** — установити закономірності змін фракційно-групового складу гумусу дерново-підзолистого ґрунту під впливом різних систем удобрення в умовах Західного Полісся.

**Методика досліджень.** Дослідження проводили в 2019 р. на базі Волинської державної сільськогосподарської дослідної

станції Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН (сmt Рокині Луцького р-ну Волинської обл.), закладеному в 1966 р. Дослід «Вплив основних видів добрив та їх поєднань на продуктивність сівозміни та властивості ґрунту», сільсько-господарська культура — пшениця озима, попередник — картопля.

Вихідна агрохімічна характеристика шару дерново-підзолистого ґрунту 0–20 см (стаціонарний дослід, 3-тє поле, 1966 р.):  $pH_{KCl}$  — 5,1; сума ввібраних основ  $S$  — 2,6 мг-екв./100г ґрунту; уміст гумусу за Тюріним (ДСТУ 4289:2004) — 1,39%; рухомих сполук фосфору — за Кірсановим (ДСТУ 4405:2005) — 3,9 мг/100 г ґрунту; рухомих сполук калію за методом Маслової (ДСТУ 7907:2015) — 5,2 мг/100 г ґрунту.

Схема досліду: без добрив (контроль); фон  $CaCO_3$ ; мінеральна система удобрення —  $N_{60}P_{40}K_{80}$  на фоні  $CaCO_3$ ; органічна система — післядія гною, 60 т/га, унесеного в 2018 р. на фоні  $CaCO_3$ ; органо-мінеральна система удобрення — післядія гною, 60 т/га, унесеного у 2018 р. +  $N_{60}P_{40}K_{80}$  на фоні  $CaCO_3$ .

Вапнування проводили 1 раз за ротацію у нормі 5 т/га. Загальна площа посівних ділянок — 4,6 га, повторність — 4-разова. Площа елементарної ділянки — 90 м<sup>2</sup>, облікова — 50 м<sup>2</sup>.

Із мінеральних добрив під час передпосівного внесення та підживлення застосовували аміачну селітру (33,4%); амофос (P — 51%, N — 10%) та хлористий калій (58–60%) — в основне внесення з осені. Гній великої рогатої худоби вносили двічі за ротацію під картоплю та кукурудзу. Тип сівозміни — польова (зернопросапна).

Ґрунтові зразки відбирали з глибини шару ґрунту 0–20 см у 3-разовій повторності. Для формування змішаного зразка ґрунту було відібрано 5 індивідуальних проб методом «конверта». Відбирання ґрунтових зразків і підготування їх до аналізу здійснювали згідно з вимогами ДСТУ 4287:2007.

Аналіз зразків ґрунту проводили за діючими нормативно-методичними документами в лабораторії органічних добрив і гумусу ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О.Н. Соколовського» (свідцтво про відповідність системи вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005, № 01-0104/2017

і № 01-0105/2017): попереднє оброблення зразків — за ДСТУ ISO 11464; суху речовину та вологість визначали гравіметричним методом за ДСТУ ISO 11465; уміст загального вуглецю — за методом Тюріна за ДСТУ 4289:2004; груповий і фракційний склад гумусу — за Тюріним у модифікації Пономарьової та Плотнікової за ДСТУ 7828:2015; параметри гумусної системи оцінювали за системою показників [13]. Ступінь гуміфікації органічної речовини ґрунту — за рівнянням  $S_{гк}/S_{заг} \cdot 100\%$ . Уміст гумусу визначали за коефіцієнтом перерахунку 2,09 для дерново-підзолистих ґрунтів.

Опрацювання й узагальнення результатів досліджень проводили з використанням методів математичної статистики Statistica 6.

**Результати досліджень.** За тривалого (53 роки) сільськогосподарського використання дерново-підзолистого ґрунту під зернопросапною сівозміною за різного агрохімічного навантаження виявлялися ознаки трансформації гумусу з неоднаковим ступенем вираженості на різних рівнях його організації. Установлено, що із застосуванням органо-мінеральної системи удобрення уміст гумінових кислот фракції I підвищився утричі, за мінеральної системи — майже вдвічі порівняно з контролем та неудобренным фоном (табл. 1).

Систематичне внесення добрив активізує розвиток кореневої системи сільськогосподарських культур. Унаслідок цього в орному шарі ґрунту вдвічі зменшується уміст найбільш рухомої групи органічних речовин, яка екстрагується 0,1 н  $H_2SO_4$  під час декальціювання, порівняно з варіантами без застосування добрив. Це свідчить про те, що рухомі органічні речовини швидко мінералізуються і є джерелом поживних речовин для сільськогосподарських культур.

Вапнування зменшувало вміст ГК-2, зв'язаних у ґрунті з кальцієм, удвічі порівняно з варіантом без добрив. На фоні вапнування лише за органічної системи удобрення спостерігалася позитивна тенденція до підвищення гумінових кислот в орному шарі ґрунту. Унесення мінеральних добрив призводило до зниження умісту ГК-2 удвічі порівняно з фоном вапнування та у 4,5 раза порівняно з варіантом без

**1. Вплив різних систем удобрення на груповий і фракційний склад гумусу дерново-підзолистого ґрунту**

| Варіант  | Сзаг,<br>% | Сгк                 |                     |                     |                     | Сфк                |                     |                     |                     |                     | Сгумнів             |
|--|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|  |            | 1                   | 2                   | 3                   | Сума                | 1а                 | 1                   | 2                   | 3                   | Сума                |                     |
| Без добрив<br>(контроль)                         | 0,57       | <u>0,04</u><br>7,0  | <u>0,09</u><br>15,8 | <u>0,14</u><br>24,6 | <u>0,27</u><br>47,4 | <u>0,04</u><br>7,0 | <u>0,14</u><br>24,6 | <u>0,01</u><br>1,7  | <u>0,10</u><br>17,5 | <u>0,29</u><br>50,8 | <u>0,01</u><br>1,8  |
| Фон  | 0,62       | <u>0,05</u><br>8,1  | <u>0,04</u><br>6,5  | <u>0,09</u><br>14,5 | <u>0,18</u><br>29,0 | <u>0,04</u><br>6,5 | <u>0,16</u><br>25,8 | <u>0,04</u><br>6,5  | <u>0,20</u><br>32,3 | <u>0,44</u><br>71,1 | <u>0,004</u><br>0,6 |
| Фон + мінеральна<br>система удобрення            | 0,64       | <u>0,07</u><br>10,9 | <u>0,02</u><br>3,1  | <u>0,14</u><br>21,9 | <u>0,23</u><br>35,9 | <u>0,02</u><br>3,1 | <u>0,14</u><br>21,9 | <u>0,08</u><br>12,5 | <u>0,16</u><br>25,0 | <u>0,40</u><br>62,5 | <u>0,01</u><br>1,6  |
| Фон + органічна<br>система удобрення             | 0,65       | <u>0,05</u><br>7,7  | <u>0,07</u><br>10,7 | <u>0,12</u><br>18,5 | <u>0,24</u><br>36,9 | <u>0,02</u><br>3,1 | <u>0,15</u><br>23,1 | <u>0,04</u><br>6,2  | <u>0,19</u><br>29,2 | <u>0,40</u><br>61,5 | <u>0,01</u><br>1,5  |
| Фон + орґано-<br>мінеральна система<br>удобрення | 0,73       | <u>0,15</u><br>20,5 | <u>0,05</u><br>6,8  | <u>0,06</u><br>8,2  | <u>0,26</u><br>35,6 | <u>0,02</u><br>2,7 | <u>0,17</u><br>23,3 | <u>0,02</u><br>2,7  | <u>0,24</u><br>32,8 | <u>0,45</u><br>61,6 | <u>0,02</u><br>2,7  |
| НІР <sub>05</sub>                                | 0,04       | <u>0,02</u><br>3,7  | <u>0,03</u><br>5,8  | <u>0,02</u><br>6,0  | —                   | <u>0,02</u><br>3,6 | <u>0,01</u><br>1,5  | <u>0,03</u><br>4,3  | <u>0,05</u><br>7,2  | —                   | <u>0,01</u><br>0,3  |

Примітки. У числівнику — % до ґрунту, у знаменнику — С фракції у відсотках до Сзаг; 1 — перша фракція, 2 — друга фракція, 3 — третя фракція.

унесення добрив. На фоні збільшення гумінових кислот відповідно зменшується вміст ФК-2 за орґано-мінеральної системи удобрення. Застосування лише мінеральних добрив збільшило вміст ФК-2 удвічі порівняно з фоном вапнування.

Відзначено істотне збільшення вмісту фульвокислот, зв'язаних із мінеральною частиною ґрунту (ФК-3), за всіма системами удобрення на фоні вапнування.

Гуміни є найстійкішими сполуками органічної речовини ґрунту, які з часом перетворюються у багатіші на вуглець сполуки. Досліджено, що лише за орґано-мінеральної системи удобрення створюються умови для накопичення стійких до руйнування сполук органічної речовини ґрунту.

Вапнування дерново-підзолистого ґрунту призводить до істотного зниження співвідношення суми Сгк/Сфк з 0,93 (на контролі) до 0,41, змінюючи тип гумусу з гуматно-фульватного на дуже фульватний, що є ознакою негативної спрямованості процесу гуміфікації (табл. 2).

Застосування мінеральних і органічних добрив у різних дозах на фоні вапнування дещо поліпшує показники співвідношення суми Сгк/Сфк, змінюючи тип гумусу в орному шарі ґрунту з дуже фульватного на фульватний.

Дерново-підзолистий ґрунт характеризується дуже низьким вмістом гумусу ( $\leq 2$ ). Вапнування збільшувало вміст органічного вуглецю і відповідно вміст гумусу в орному шарі на 9,2% порівняно з контролем. За внесення мінеральних і органічних добрив на фоні вапнування вміст гумусу збільшився на 12,6 та 14,3% відповідно порівняно з контролем. За орґано-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування утворюються найсприятливіші умови для накопичення гумусу в орному шарі ґрунту, порівняно з контролем цей показник збільшився на 28,6%.

Відмінності гумусного стану дерново-підзолистого ґрунту в шарі 0–20 см за різного агрохімічного навантаження діагностовано за комплексом характеристик. Ступінь гуміфікації органічної речовини під впливом вапнування змінився з дуже високого на середній, застосування добрив змінило ступінь гуміфікації на високий. На фоні високого ступеня гуміфікації органічної речовини простежується низький вміст «вільних» гумінових кислот, крім орґано-мінеральної системи удобрення, де вміст «вільних» гумінових кислот відповідає середньому показнику. За час тривалого сільськогосподарського використання дерново-підзолистого

**2. Вплив тривалого удобрення на гумусний стан дерново-підзолистого ґрунту**

| Показник   | Без добрив<br>(контроль) | Фон                | Фон + мінеральна<br>система<br>удобрення | Фон + органічна<br>система<br>удобрення | Фон + органо-<br>мінеральна<br>система<br>удобрення |
|--|--------------------------|--------------------|--|---|---|
| Уміст гумусу, %  | 1,19                     | 1,30               | 1,34                                     | 1,36                                    | 1,53  |
| Сзаг, %  | 0,57                     | 0,62               | 0,64                                     | 0,65                                    | 0,73  |
| Сгк, % до Сзаг   | 47,4                     | 29,0               | 35,9                                     | 36,9                                    | 35,6  |
| Ступінь<br>гуміфікації   | Дуже високий             | Середній           | Високий                                  | Високий                                 | Високий   |
| Сфк, % до Сзаг   | 50,8                     | 71,1               | 62,5                                     | 61,5                                    | 61,6  |
| Сгк/Сфк  | 0,93                     | 0,41               | 0,57                                     | 0,60                                    | 0,57  |
| Тип гумусу   | Гуматно-<br>фульватний   | Дуже<br>фульватний | Фульватний                               | Фульватний                              | Фульватний  |
| ГК-1,<br>% до суми ГК  | 14,8                     | 27,8               | 30,4                                     | 20,8                                    | 57,6  |
| ГК-2,<br>% до суми ГК  | 33,3                     | 22,2               | 8,7                                      | 29,2                                    | 19,2  |
| ГК-3,<br>% до суми ГК  | 51,8                     | 50,0               | 60,8                                     | 50,0                                    | 23,1  |
| Ступінь рухомості<br>системи ГР  | 0,64                     | 0,76               | 0,56                                     | 0,52                                    | 0,92  |
| Примітка. ГК-1 — фракція, вільна і зв'язана з рухомими півтораоксидами, ГК-2 фракція, зв'язана з кальцієм, ГК-3 — фракція, зв'язана з глинистою фракцією і стійкими півтораоксидами. |                          |                    |  |   |   |

ґрунту у варіантах з унесенням добрив уміст «вільних» гумінових кислот в орному шарі збільшився у 2–3 рази порівняно з контролем. Уміст гумінових кислот, зв'язаних із кальцієм, під впливом удобрення змінився з *низького* рівня (контроль) на *дуже низький*, крім органічної системи. Уміст міцнозв'язаних гумінових кислот в органічній

речовині дерново-підзолистого ґрунту за варіантами дослідів залишився *високим* ( $\geq 20$ ). Ступінь рухомості всієї системи гумусних речовин змінювався у бік збільшення за органо-мінеральної системи удобрення і зменшення за мінеральної та органічної систем удобрення порівняно з контролем та фоном вапнування.

**Висновки**

Під час тривалого сільськогосподарського використання дерново-підзолистого ґрунту під зернопросапною сівозміною за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування уміст гумусу в орному шарі підвищився до 1,53%, ступінь гуміфікації органічної речовини змінився з *дуже високого* на *високий*. Унесення у ґрунт

свіжої органічної речовини у вигляді гною за органічної та органо-мінеральної систем удобрення збільшувало уміст рухомих гумусних речовин і сприяло активізації новоутворення гумінових кислот, унесення лише мінеральних добрив підвищувало уміст фульвокислот в органічній речовині ґрунту.

**Skrzynyk Ye., Kutova A., Hetmanenko V., Gerasymenko Ya.**

National Scientific Center «Institute for Soil Science

and Agrochemical Researches named after O.N. Sokolovsky», 4 Chaikivska Str., Kharkiv, 61024, Ukraine; e-mail: orgminlab@gmail.com



**The influence of different fertilization systems on the quantity and qualitative composition of humus of sod-podzolic soil**

**Goal.** To establish regularities of changes of fractional group composition of humus of sod-podzolic soil under the influence of different fertilizer systems in the conditions of Western Polissia.

**Methods.** Field, laboratory analytical, calculation.

**Results.** On the background of liming in the organic fertilizer system, there is a positive trend to increase humic acids in the arable layer of the soil. The organo-mineral fertilizer system creates conditions for the accumulation of resistant to destruction compounds of soil organic matter. The type of humus changes from very fulvate to fulvate. The organo-mineral fertilizer system creates the most favorable conditions for the accumulation of humus in the arable soil layer (the humus content increased by 28.6% as compared to the control). The degree of mobility of the entire system of humic substances

changes in the direction of increasing the organo-mineral fertilizer system and decreasing the mineral and organic fertilizer systems as compared to the control and the background of liming. **Conclusions.** During long-term agricultural use of sod-podzolic soil at grain-plowing crop rotation under the organo-mineral fertilizer system against the background of liming, the humus content in the arable layer increased to 1.53%, the degree of humification of organic matter changed from very high to high. With the introduction of fresh organic matter in the form of manure under organic and organo-mineral fertilizer systems. The content of mobile humic substances increased and the formation of humic acids intensified. The application of only mineral fertilizers increased the content of fulvic acids in soil organic matter.

**Key words:** application of fertilizers, fractional group composition, humic acids, fulvic acids.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202008-02>

**Бібліографія**

1. Лапа В.В. Плодородие почв и использование удобрений в Республике Беларусь. *Плодородие*. 2014. № 3. С. 19–20.
2. Шарков И.Н. Концепция воспроизводства гумуса в почвах. *Агрохимия*. 2011. № 12. С. 21–27.
3. Кочик Г.М. Гумусний стан дерново-підзолистого ґрунту за різних систем основного обробітку і удобрення. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2015. С. 47–57.
4. Шевцова Л.К., Хайдуков К.П., Кузьменко Н.Н. Трансформация органического вещества легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений в льняном севообороте. *Агрохимия*. 2012. № 10. С. 3–12.
5. Дричко В.Ф., Бакина Л.Г., Орлова Н.Е. Устойчивая и лабильная части гумуса дерново-подзолистой почвы. *Почвоведение*. 2013. № 1. С. 41–47.
6. Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А. та ін. Вплив систем удобрення на органічну речовину та агрохімічні показники чорноземного типу. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. № 88. С. 74–78.
7. Володина Т.И., Романов Г.А., Левченко А.Н. Влияние различных систем удобрения на физико-химические и агрофизические показатели дерново-подзолистой почвы в условиях северо-запада России. *Агрохимия*. 2014. № 3. С. 12–21.
8. Кузьменко Н.Н. Эффективность длительного применения разных систем удобрения в льняном севообороте и их влияние на изменение запасов гумуса дерново-подзолистой почвы. *Агрохимия*. 2014. № 4. С. 35–39.
9. Овчинникова М.Ф. Признаки и механизм агрогенной трансформации гумусовых веществ дерново-подзолистой почвы. *Агрохимия*. 2012. № 1. С. 3–13.
10. Kaiser K., Kalbitz K. Cycling downwards-dissolved organic matter in soils. *Soil Biol. Biochem.* 2012. № 52. Р. 29–32.
11. Богатырева Е. Н., Серая Т.М., Черныш А.Ф. и др. Влияние севооборотов и систем удобрения на содержание и качественный состав подвижных гумусовых веществ в дерново-подзолистых эродированных почвах. *Агрохимия*. 2013. № 7. С. 16–24.
12. Завьялова Н.Е., Косолапова А.И., Ямалтдинова В.Р. Влияние длительного применения органических удобрений на трансформацию органического вещества дерново-подзолистой почвы. *Агрохимия*. 2005. № 6. С. 5–10.
13. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов. *Почвоведение*. 2004. № 8. С. 918–926.