

УДК631.81/417.1/4

## ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ОРГАНОПРОФИЛЬ ОСНОВНЫХ ЗОНАЛЬНЫХ ТИПОВ ПОЧВ

### *Сообщение 1. Дерново-подзолистые почвы*

*В.Г. Сычев, ак. РАН, Л.К. Шевцова, д.б.н., М.В. Беличенко, к.б.н., О.В. Рухович, д.б.н.,  
О.И. Иванова, ВНИИА*

*Россия, 127550, Москва, ул. Прянишникова, 31а, e-mail: [mvbelichenko@gmail.com](mailto:mvbelichenko@gmail.com), [o\\_ruhovich@mail.ru](mailto:o_ruhovich@mail.ru)*

*Работа выполнена по госзаданию №0572-2019-0011*

*Представлены результаты исследований профильного послойного распределения таких значимых для оценки устойчивого плодородия и окультуренности почв показателей, как содержание, запасы общего углерода и азота, соотношение С:N в многолетних опытах на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава. Анализ результатов показал, что органическая, минеральная системы удобрения (и их сочетания с известью) оказывают существенное воздействие не только на пахотный слой почвы, но и на весь профиль до 100 см. Установлено, что, несмотря на повышение содержания запасов углерода и соотношения С:N, в дерново-подзолистых почвах сохраняются характерные генетические и морфологические особенности. Длительное применение удобрений сопровождалось накоплением азота в нижних слоях профиля, что указывает на возможность миграции подвижных соединений азота за его пределы и загрязнения сопредельных территорий. Данное сообщение является первым из серии работ по исследованию влияния систем удобрения на органофиль основных зональных типов почв.*

*Ключевые слова: длительные опыты, дерново-подзолистые почвы, содержание, запасы, миграция, соотношение азота и углерода, системы удобрения, органофиль.*

DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.01

Профиль почвы – важнейший морфологический признак, указывающий на её строение и закономерные изменения свойств по всей толще сверху вниз [1]. Он формируется в результате взаимодействия факторов почвообразования и приобретает характерные для каждого типа почв свойства. Малейшее изменение даже одного из этих факторов, не только природных, почвенно-климатических, но и агротехнических, таких как севообороты, интенсификация применения минеральных и органических систем удобрения, известкование и другие, ведет за собой изменения в характере почвы и отражается на ее морфологических признаках.

Распределение запасов гумуса по профилю является одним из важнейших показателей генезиса почвы и ее окультуренности. Запасы гумуса в корнеобитаемом слое определяют производительность почв и в большой мере способствуют устойчивости урожаев сельскохозяйственных культур, благодаря способности органического вещества к накоплению и сохранению почвенной влаги во время засухи и поддержанию благоприятного воздушного режима в период избыточного увлажнения. Кроме того, запас гумуса по профилю определяет интенсивность биологической активности всего корнеобитаемого слоя почвы, способствующей высвобождению необходимых растениям элементов питания, с одной стороны, и закреплению их избытка с последующей мобилизацией элементов в доступную для растений и почвенной биоты форму, с другой.

Окультурирование почвы оказывает существенное влияние на изменение и распределение по профилю

гумусовых веществ и азота почвы. Создание обогащенного гумусом пахотного горизонта и более глубокое проникновение органического вещества в глубь по профилю – одни из наиболее характерных морфологических признаков окультуренной почвы. В этой связи значительный интерес представляют исследования воздействия различных агроприемов на распределение запасов гумусовых веществ по слоям профиля основных типов почв для оценки их роли в окультурировании почвы, повышении ее плодородия и разработке методов управления этими приемами.

Исследованию профильного распределения гумуса в почвах, особенно при изучении различных приемов их окультурирования, посвящено много работ, однако выводы авторов противоречивы. Одни из них утверждают, что при окультурировании почв создается мощный пахотный горизонт, подзолистый горизонт уменьшается, а затем исчезает [2]. Другие [3] считают, что распределение гумуса вниз по профилю происходит более равномерно и не отмечается характерное резкое уменьшение его содержания от пахотного слоя вниз по профилю. Третьи утверждают, что достоверное изменение содержания гумуса и других агрохимических свойств происходит лишь в пахотном горизонте.

В данной статье представлены результаты исследований изменения органофилии дерново-подзолистых почв при длительном применении органических (традиционный навоз), минеральных удобрений, извести (в соответствующих регионах) и их сочетания, в длительных опытах, расположенных в различных субъектах

Российской Федерации. Характеристика опытов была приведена в наших предыдущих публикациях [4].

**Методика.** Все исследуемые опыты проводятся в типичных для зон севооборотах или монокультуре, содержат варианты с разными системами удобрения: контроль (без удобрений), системы применения минеральных и органических удобрений с эквивалентным содержанием основных элементов питания растений.

Отбор почвенных проб для анализов проводили впервые после закладки опытов с 1957 по 1975 г. Вначале образцы почвы отбирали в наиболее длительных опытах, заложенных в 1912-1936 гг. С 1975 г. эту работу проводили в базовых длительных опытах, отобранных для комплексного изучения изменений плодородия почв в соответствии с программой, принятой Методической комиссией Геосети [5]. Отбор образцов почв в базовых опытах проводили систематически, осенью, после окончания ротации и уборки последней (замыкающей) культуры севооборота. Для профильных исследований отбирали индивидуальные образцы в 3-5 точках на каждой делянке по слоям профиля, через каждые 20 см до глубины 1 м.

Содержание общего углерода (С %) в органическом веществе почвы определяли методом Тюрина, общего азота (N%) - методом Кьельдаля, соотношение С:N и запасы углерода рассчитаны по всем исследуемым слоям профиля и отдельно для корнеобитаемого слоя (0-40 см) и метровой толщи почвы.

Для исследования варьирования содержания углерода проводили отбор 3-5 индивидуальных проб с каждой делянки по слоям профиля почвы. Результаты математической обработки полученных данных методом дисперсионного анализа выявили незначительное отклонение показателей в пределах делянки, которое для пахотных горизонтов дерново-подзолистых почв составляло 0,03-0,09 % С. Это подтвердило возможность использования смешанных образцов для исследований органического вещества почв по показателям: содержание общего углерода и азота, соотношение С:N; запасы углерода.

**Результаты и их обсуждение.** Аналитическая оценка результатов исследований дает возможность не только показать эффективность и направленность воздействия различных систем удобрения, при их длительном применении, на окультуривание почв, повышение их плодородия, но и отразить возможные изменения и характер взаимодействия этих элементов в глубоких слоях профиля до 100 см при интенсивном земледелии в различных природных условиях. Кроме того, она позволяет определить степень подвижности азота и углерода в пределах метровой толщи почвы и выхода этих элементов за ее пределы, что имеет значение для многих зональных условий и типов почв с точки зрения возможных экологических последствий.

Результаты исследований распределения гумуса и общего азота в длительных опытах в дерново-подзолистых почвах представлены отдельно для почв легкого и тяжелого гранулометрического состава.

В таблице 1 приводятся данные для легких дерново-подзолистых почв Соликамской опытной станции и опыта ВНИИОУ (ранее Судогодской опытной станции).

На супесчаных почвах Соликамской опытной станции, несмотря на невысокие дозы применения удобрений, за 36 лет в пахотном слое почвы при внесении на-

воза (13,3 т/га в год) содержание гумуса увеличилось на 14% в сравнении с контролем, а при внесении минеральных удобрений в эквивалентных навозу количествах NPK, совместно с известью, - на 7%. Применение минеральных удобрений без извести снизило содержание гумуса на 4%. Аналогичная картина наблюдается и при исследовании общего азота.

В подпахотном (20-40 см) горизонте содержание гумуса и азота резко (в 2-3 раза) уменьшается в сравнении с пахотным слоем, и далее до глубины 1 м стабилизируется на уровне 0,22-0,24 % С. Эти данные показывают, что в агрогенно-освоенных дерново-подзолистых почвах, даже при длительном применении различных систем удобрения, сохраняется важный морфологический типовой признак, соответствующий природным дерново-подзолистым почвам, независимо от их зонального расположения.

#### 1. Содержание общего углерода и азота по профилю легких дерново-подзолистых почв, % СВ почв

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Соликамская оп. ст. (36 лет), 9-польный зернотравянопропашной севооборот, дерново-подзолистая рыхлая супесь					
Контроль	<u>0,77</u> 0,075	<u>0,35</u> 0,044	<u>0,22</u> 0,036	<u>0,22</u> 0,031	<u>0,24</u> 0,035
Известь	<u>0,68</u> 0,071	<u>0,32</u> 0,045	<u>0,22</u> 0,042	<u>0,26</u> 0,044	<u>0,20</u> 0,034
Навоз	<u>0,88</u> 0,098	<u>0,39</u> 0,059	<u>0,37</u> 0,064	-	-
NPK	<u>0,74</u> 0,075	<u>0,37</u> 0,045	<u>0,22</u> 0,027	<u>0,28</u> 0,040	<u>0,32</u> 0,041
NPK + известь	<u>0,83</u> 0,089	<u>0,39</u> 0,051	<u>0,16</u> 0,034	<u>0,24</u> 0,043	<u>0,26</u> 0,051
Владимирская обл., Судогодская оп. ст. ВНИИОУ (7 лет), 4-польный зернотравянопропашной севооборот, дерново-подзолистая супесчаная почва					
Контроль	<u>0,72</u> 0,076	<u>0,38</u> 0,034	<u>0,16</u> 0,023	<u>0,12</u> 0,019	<u>0,15</u> 0,016
Навоз	<u>1,09</u> 0,105	<u>0,31</u> 0,028	<u>0,21</u> 0,028	<u>0,14</u> 0,023	<u>0,13</u> 0,020
1NPK	<u>0,88</u> 0,069	<u>0,44</u> 0,036	<u>0,23</u> 0,025	<u>0,13</u> 0,024	<u>0,12</u> 0,019
2NPK	<u>0,79</u> 0,068	<u>0,39</u> 0,029	<u>0,25</u> 0,033	<u>0,22</u> 0,022	<u>0,22</u> 0,023

Примечание. В таблицах 1, 4, 7, 10, 13 над чертой – С% к воздушно сухой почве, под чертой – N% к воздушно сухой почве.

При дальнейшем исследовании более глубоких слоев профиля уровень содержания углерода по-прежнему продолжает снижаться, в сравнении со слоем почвы 0-40 см. Следует отметить, что в опыте Соликамской опытной станции в некоторых вариантах (NPK, NPK + известь) в слоях 60-80 и 80-100 см наблюдается повышение содержания гумуса, в сравнении со слоем 40-60 см. В данном случае это связано не со спецификой воздействия системы удобрения, а с выходом суглинистой подстилающей породы, что отражается и на других показателях. Например, содержание илстой фракции в этих слоях почвы на контроле составляет 7,4%, а в варианте NPK – 16,8% [6].

Сосредоточение органического вещества и общего азота в пахотном и подпахотном горизонтах почвенного профиля в дерново-подзолистых почвах, как отмечает ряд исследователей, связано с условиями распространения корневой системы растений. В связи с низкой окультуренностью, чрезмерной кислотностью нижних горизонтов, до 90% корневой системы растений аккумулируются в пахотном горизонте. Удобрения ока-

зывают положительное действие на протяженность и насыщенность почвы корнями растений [7].

Изменения содержания общего азота в легких дерново-подзолистых почвах аналогичны изменению углерода в верхних слоях профиля почвы. Но, начиная с глубины 40 см, содержание общего азота, в отличие от углерода, стабилизируется, и в вариантах с применением минеральных систем удобрения даже несколько повышается. Вследствие этого отношение C:N вниз по профилю сужается, достигая в некоторых вариантах 5,9-5,1 (табл. 2).

## 2. Соотношение C:N по профилю легких дерново-подзолистых почв

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
<i>Соликамская опытная станция</i>					
Контроль	10,3	7,9	6,1	6,5	6,9
Известь	9,6	7,1	5,2	5,9	5,9
Навоз	9,5	6,6	5,8		
NPK	9,9	8,2	8,2	7,0	7,8
NPK + известь	9,3	7,6	4,7	5,6	5,1
<i>ВНИИОУ</i>					
Контроль	9,5	11,2	7	6,3	9,4
Навоз	9,5	11,1	7,5	6,1	6,5
1NPK	12,8	12,2	9,2	5,4	6,3
2NPK	11,6	13,4	7,8	10,0	9,6

Такое насыщение почвы азотом в нижних слоях профиля при значительном снижении содержания углерода происходит, видимо, за счет подвижных минеральных форм азота, вымывающихся из верхних слоев на большую глубину в условиях интенсивного промывного режима дерново-подзолистых легких почв.

В целом все отмеченные изменения содержания гумуса и общего азота в профиле почв характерны для дерново-подзолистого типа и указывают на то, что длительное применение удобрений не нарушает глубоких природных процессов формирования органофилия при применяемых дозах удобрений за 7-36 лет.

В то же время, повышение уровня содержания азота в глубоких слоях почвы при применении минеральных удобрений, особенно в повышенных дозах, требует особого внимания в связи с возможностью попадания избытка азотных удобрений в грунтовые воды и загрязнения окружающей среды [8].

В опыте Судогодской опытной станции, где все деланки предварительно известковали, применение органических и минеральных удобрений повышало содержание углерода и азота, в сравнении с контролем, до глубины 80 см, а внесение удвоенной дозы минеральных удобрений без известки - до 1 м. Это связано, видимо, с тем, что применение минеральных удобрений без известки, особенно в повышенных дозах, за счет сильного подкисления почвы приводит к усилению в составе гумуса подвижности органических соединений (типа фульвокислот), которые легко вымываются из корнеобитаемых горизонтов, снижая запасы углерода в верхних слоях [8]. Запасы углерода по почвенному профилю для каждого слоя почвы и отдельно для корнеобитаемого слоя 0-40 см, а также глубины исследуемого профиля 0-100 см представлены в таблице 3.

Плотность сложения почвы для расчета запасов гумуса в исследуемых опытах взята из работ Л.М. Жуковой [6].

Величина запасов углерода в почве представляет большой интерес для всех типов почв, так как позволя-

ет ощутимо (в сравнении с содержанием гумуса) оценить не только уровень содержания углерода, но и энергетические возможности почвы в обеспечении химических, биологических и многих других процессов при ее окультуривании [1].

## 3. Запасы C в легких дерново-подзолистых почвах, т/га

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см						
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-40	0-100
<i>Соликамская опытная станция</i>							
Контроль	20,8	9,8	6,6	6,6	7,2	30,6	51,0
Известь	18,4	9,0	6,6	1,8	6,0	27,4	47,8
Навоз	23,8	10,9	11,1			34,7	
NPK	20,0	10,4	6,6	8,4	9,6	30,4	55,0
NPK + известь	22,4	10,9	4,8	7,2	7,8	33,3	53,1
<i>ВНИИОУ</i>							
Контроль	19,4	10,6	4,8	3,6	4,5	30,0	42,9
Навоз	29,4	8,7	6,3	4,2	3,9	38,1	52,5
1NPK	23,8	12,3	6,9	3,9	3,6	36,1	50,5
2NPK	21,3	10,9	7,5	6,6	6,6	32,2	52,9

В легких дерново-подзолистых почвах запасы углерода очень низкие и близкие в обоих исследуемых опытах, несмотря на отдаленность географического расположения. В опыте Соликамской опытной станции запасы углерода в пахотном слое составляют всего 20,8 т/га, а Судогодской опытной станции - 19,4 т/га. В обоих опытах длительное применение навоза позволило увеличить этот показатель в Соликамске всего на 3 т/га, а минеральных удобрений совместно с известью лишь на 1,6 т/га. На Судогодской опытной станции воздействие удобрений проявилось заметнее: в варианте с внесением навоза запасы превысили контроль на 10 т/га, в варианте NPK - на 4,4 т/га.

В корнеобитаемом слое 20-40 см запасы углерода увеличиваются и более четко проявляется влияние удобрений как в Соликамске, так и еще заметнее на Судогодской опытной станции, где повышение запасов углерода в сравнении с контролем отмечается во всех вариантах, что, возможно, связано с положительным влиянием известкования.

Анализ профиля дерново-подзолистых почв тяжелого гранулометрического состава представлен в таблице 4.

В отличие от легких почв, средне- и тяжелосуглинистые почвы значительно богаче углеродом и азотом. Однако их содержание также сосредоточено главным образом в пахотном и подпахотном горизонтах. Так же как в легких дерново-подзолистых почвах, начиная с глубины 40 см, отмечается падение уровня содержания углерода и азота еще более резкое, чем в легких почвах. Так, в опыте ВНИИ льна содержание углерода снизилось в варианте контроль в 5, а в варианте навоз+NPK в 8 раз. В среднесуглинистых почвах ВНИИ льна снижение содержания C и N было более значительным, чем в тяжелосуглинистых почвах опыта Щербы (ДАОС).

Далее, до глубины 1 м содержание углерода и азота стабилизируется, оставаясь на уровне, близком к показателям слоя 40-60 см.

Как в тяжелых, так и в легких почвах с глубиной отмечается заметное повышение содержания азота в виде высокоподвижных минеральных соединений, образующихся, видимо, в верхних горизонтах при минерализации органического вещества, а также, вымывающихся из вносимых минеральных удобрений.

#### 4. Содержание общего углерода и азота по профилю дерново-подзолистых суглинистых почв, % СВ почвы

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
<i>ВНИИ льна, Торжок (14 лет), 7-польный зернотравянопаропропашной льяной севооборот, дерново-подзолистая среднесуглинистая почва</i>					
Контроль	<u>1,18</u> 0,102	<u>0,67</u> 0,062	<u>0,22</u> 0,028	<u>0,15</u> 0,021	<u>0,14</u> 0,022
Навоз	<u>1,20</u> 0,117	<u>0,82</u> 0,076	<u>0,23</u> 0,021	<u>0,16</u> 0,024	<u>0,13</u> 0,020
NPK	<u>1,29</u> 0,124	<u>1,02</u> 0,096	<u>0,23</u> 0,029	<u>0,12</u> 0,020	<u>0,14</u> 0,017
Навоз + NPK	<u>1,52</u> 0,146	<u>1,03</u> 0,086	<u>0,19</u> 0,030	<u>0,18</u> 0,019	<u>0,12</u> 0,023
<i>Пермский НИИСХ (31 год), 8-польный зернотравянопаропропашной севооборот, дерново-подзолистая среднесуглинистая почва</i>					
Контроль	<u>1,14</u> 0,095	<u>0,54</u> 0,053	<u>0,24</u> 0,028	<u>0,21</u> 0,028	<u>0,19</u> 0,024
Навоз	<u>1,18</u> 0,093	<u>0,57</u> 0,054	<u>0,23</u> 0,03	<u>0,17</u> 0,028	<u>0,19</u> 0,028
NPK	<u>1,00</u> 0,099	<u>0,65</u> 0,053	<u>0,23</u> 0,029	<u>0,20</u> 0,036	<u>0,19</u> 0,030
NPK+Ca	<u>1,30</u> 0,104	<u>0,61</u> 0,049	<u>0,29</u> 0,033	<u>0,22</u> 0,027	<u>0,19</u> 0,029
Навоз + NPK	<u>1,24</u> 0,124	<u>0,62</u> 0,065	<u>0,27</u> 0,041	<u>0,25</u> 0,032	<u>0,21</u> 0,036
<i>ДАОС, опыт Щербы (31 год), кормовая свекла, овес, картофель, яровая пшеница, дерново-среднеподзолистая тяжелосуглинистая почва</i>					
Контроль	<u>1,00</u> 0,096	<u>0,67</u> 0,080	<u>0,32</u> 0,040	<u>0,24</u> 0,039	<u>0,22</u> 0,028
Навоз	<u>1,30</u> 0,140	<u>0,63</u> 0,070	<u>0,26</u> 0,032	<u>0,21</u> 0,033	<u>0,19</u> 0,034
1NPK	<u>1,02</u> 0,108	<u>0,57</u> 0,075	<u>0,25</u> 0,039	<u>0,24</u> 0,032	<u>0,20</u> 0,024
3NPK	<u>1,16</u> 0,127	<u>0,92</u> 0,107	<u>0,31</u> 0,048	<u>0,27</u> 0,052	<u>0,18</u> 0,035
3NPK + навоз	<u>1,30</u> 0,111	<u>0,58</u> 0,065	<u>0,24</u> 0,038	<u>0,21</u> 0,033	<u>0,19</u> 0,034

Соотношение C:N в глубоких слоях опытов ВНИИ льна и ДАОС достигает минимальных (5,2-5,1) значений (табл. 5). Самое узкое соотношение C:N наблюдается в слое 80-100 см во всех исследуемых дерново-подзолистых почвах тяжелого гранулометрического состава в вариантах с применением высоких доз минеральных удобрений. Например, в опыте ДАОС, вариант 3NPK, за 31 год было внесено 4650 кг N. Высокая подвижность азотных удобрений создает возможность дальнейшей миграции азота за пределы метровой толщи в сопредельную окружающую среду даже в условиях тяжелосуглинистой почвы и требует специальных исследований.

#### 5. Соотношение C:N по профилю дерново-подзолистых суглинистых почв

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
ВНИИ льна					
Контроль	11,6	10,8	7,9	7,1	6,4
Навоз	10,3	10,9	11,0	6,7	6,5
NPK	10,4	10,6	7,9	6,0	8,2
Навоз+NPK	9,5	11,6	6,3	9,5	5,2
Пермский НИИСХ					
Контроль	12,0	10,2	8,6	7,5	7,9
Навоз	12,7	10,6	7,4	6,1	6,8
NPK	10,1	12,3	7,9	5,6	6,3
NPK + Ca	12,5	12,4	8,9	8,1	6,6
Навоз + NPK	10,0	8,0	6,6	7,8	5,8
ДАОС, опыт Щербы					
Контроль	10,4	9,6	8,0	6,2	7,9
Навоз	9,3	9,0	8,1	6,4	5,6
1NPK	9,4	7,6	6,4	7,5	8,3
3NPK	9,1	8,6	6,5	5,2	5,1
3NPK + навоз	11,7	8,9	6,3	6,4	5,6

Запасы углерода, сконцентрированные главным образом в верхних слоях суглинистых дерново-подзолистых почв, содержат достаточно высокий потенциал углерода, варьирующий от 43 (ДАОС) до 69,8 т/га (ВНИИ льна). Это в 1,5-2 раза больше, чем в супесчаных дерново-подзолистых почвах (табл. 6).

Указанные различия определяются неодинаковыми условиями гумификации растительных остатков, главными из которых являются водно-воздушный режим и гранулометрический состав [9].

#### 6. Запасы С в дерново-подзолистых суглинистых почвах, т/га

Вариант опыта	Слой почвенного профиля, см						
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	0-40	0-100
<i>ВНИИ льна</i>							
Контроль	31,9	18,8	6,6	4,5	4,2	50,7	66,0
Навоз	32,4	23,0	6,9	4,8	3,9	55,4	71,0
NPK	34,8	28,6	6,9	3,6	4,2	63,4	78,1
Навоз + NPK	41,0	28,8	5,7	5,4	3,6	69,8	84,5
<i>Пермский НИИСХ</i>							
Контроль	30,8	15,1	7,5	7,1	6,5	45,9	67,0
Навоз	31,9	16,0	7,2	5,9	6,5	47,9	74,0
NPK	27,0	18,2	6,9	6,8	6,5	45,2	65,7
NPK + Ca	35,1	17,1	9,0	7,5	6,5	52,2	73,5
Навоз + NPK	33,5	17,4	8,1	8,5	7,1	50,9	74,6
<i>ДАОС, опыт Щербы</i>							
Контроль	27,0	18,8	10,0	8,2	7,5	45,8	70,5
Навоз	35,1	17,6	8,1	7,1	6,5	52,7	74,4
1NPK	27,5	16,0	7,8	8,2	6,8	43,5	66,3
3NPK	31,3	25,8	9,7	9,2	6,1	57,1	82,1
Навоз + NPK	35,1	16,2	7,5	7,1	6,5	51,3	72,4

Глинистые минералы, обладая более высокой сорбционной поверхностью, способны закреплять большое количество органического вещества, образующегося при разложении растительных остатков. Это повышает способность суглинистых почв к эффективному накоплению гумусовых веществ, особенно при применении различных систем удобрения. Наибольшая прибавка углерода отмечается в вариантах с использованием навоза и его сочетания с NPK, минеральных удобрений совместно с известью, а также при повышении их доз до 3NPK (ДАОС).

**Закключение.** Проведенные исследования в длительных (5-40 лет) опытах на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава показали, что систематическое применение органических и минеральных удобрений оказывает существенное положительное воздействие на содержание, запасы азота и углерода, их соотношение не только в пахотном слое почвы, но и по всей толще профиля до 100 см. При этом в почвах сохраняются генетические морфологические особенности характерные для дерново-подзолистых почв: накопление гумуса в пахотном слое почвы и резкое падение его содержания в глубь по профилю.

Изменение содержания общего азота при длительном использовании удобрений практически во всех объектах исследования сопровождалось накоплением азота в нижних слоях профиля. Это указывает на возможность миграции подвижных соединений азота за его пределы и загрязнения сопредельных территорий, что обуславливает необходимость проведения специальных экологических исследований при длительном применении удобрений.

## Литература

1. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. Учение об экологических функциях почв. - М: МГУ, 2012. - 413 с.
2. Гаркуша И.Ф. Окультуривание почв как современный этап почвообразования. - Горки: Изд-во Белорусской с.-х. академии, 1956. - 301 с.
3. Гришина Л.А., Моргунов Л.В. Состав органического вещества пахотных дерново-подзолистых почв // Почвоведение.-1979.- №2. - С.53-59.
4. Сычев В.Г., Шевцова Л.К., Мерзлая Г.Е. Исследование динамики и баланса гумуса при длительном применении систем удобрения на основных типах почвы // Агрохимия.- 2018. - №2. - С.3-32.
5. Романенков В.А., Шевцова Л.К. Длительные опыты Геосети в современных и перспективных агрохимических и агро-

ландшафтных исследованиях // Агрохимия.- 2014.- № 11.- С. 3-15.

6. Жукова Л.М. Влияние систематического применения удобрений на физико-химические свойства почв // Удобрение и плодородие почв. - М., 1974. - В. 2 т.- С. 7-19.
7. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Гамзиков Г.П. и др. Агрохимия. - М.: Изд-во ВНИИА, 2017. - 854 с.
8. Лукин С.М. Потери азота при использовании органических и минеральных удобрений/ В сб.: Международный агроэкологический форум. - В 3 т, 2013. - С. 106-112.
9. Александрова Л.Н. Гумусовый режим пахотных дерново-подзолистых почв и пути его регулирования. Гумус и почвообразование // Научные труды Ленинградского СХИ, 1977.- Т.329.- С. 2-15.

## EFFECT OF LONG-TERM APPLICATION OF VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS ON ORGANOPROFILE OF MAIN ZONAL SOIL TYPES Report 1. Sod-podzolic soil

V.G. Sychev, L.K. Shevtsova, M.V. Belichenko, O.V. Rukhovich, O.I. Ivanova

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia, e-mail: mvbelichenko@gmail.com, o\_rukhovich@mail.ru

The paper presents the results of studies of profile (up to 1 m) layer-by-layer distribution of such important for the assessment of sustainable fertility and cultivation of soil indicators as the content, reserves of total carbon and nitrogen, C:N ratio in long-term experiments located on sod-podzolic soils of different granulometric composition. Analysis of the results showed that organic, mineral fertilizer systems (and their combination with lime) had a significant impact not only on the arable layer of the soil, but also on the profile up to 100 cm. It was established that, despite an increase in the carbon stock content and C:N ratios, genetic morphological features characteristics of sod-podzolic soils were preserved. Prolonged use of fertilizers was accompanied by accumulation of nitrogen in the lower layers of the profile, which indicated the possibility of migration of mobile nitrogen compounds beyond the limits of the profile and pollution of adjacent territories. This report is the first in a series of studies on the influence of fertilizer systems on organoprofiles of the main zonal soil types.

Key words: long-term experiments, sod-podzolic soils, content, reserves, migration, nitrogen-carbon ratio, fertilizer systems, organoprofile.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИНКОВЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ОЗИМУЮ ПШЕНИЦУ

А.Н. Аристархов, д.б.н., Н.А. Кирпичников, д.с.-х.н., В.В. Виноградов, ВНИИА  
ВНИИ агрохимии 127550, Москва, ул. Пянишиникова, 31а

Работа выполнена по госзаданию №0572-2019-0011

Озимая пшеница сорта Московская 39 на дерново-подзолистых почвах хорошо отзывается на применение не только NPK - удобрений, но и цинковых. На тяжелосуглинистых почвах прибавка зерна от цинка на фоне  $N_{120}P_{60}K_{90}$  составляла 4,4-6,0 ц/га, а на легкосуглинистых – 3,3-5,5 ц/га. Их окупаемость прибавкой урожая достигает в зависимости от доз 88-120 кг/кг на тяжелосуглинистых почвах и 63-220 кг/кг на легкосуглинистых. Цинковые удобрения способствуют повышению окупаемости применения традиционных NPK - удобрений, соответственно почвам, с 7,0 до 9,5 кг/кг и с 3,9 до 5,8 кг/кг (на 36-49%). Наиболее эффективные дозы цинка: 5,0-7,5 кг/га при основном внесении, а при некорневых подкормках – 150-250 г/га препарата. Комплексонат Zn - органическая соль Zn на основе ЭДТА (Solu Mikro-Zn15) превосходит по эффективности традиционную соль цинка (сульфат Zn), соответственно, от доз и способов их использования: при основном внесении на 1,4-2,5 ц/га, а при подкормках – на 1,0-1,7 ц/га.

Ключевые слова: озимая пшеница, цинковые удобрения, эффективность применения, окупаемость удобрений прибавкой урожая, предпочтительные способы, доза цинка.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.107.02

Крупномасштабным мониторингом плодородия почв страны установлено наличие больших площадей почв с низким и средним содержанием цинка (97,5% от обследованной), требующих внесения цинковых удобрений. По остроте потребности в макро- и микроудобрениях площади почв с недостаточным содержанием элементов питания располагаются в следующий убывающий ряд (% с недостаточным содержанием элемента): Zn > Co > Mo > S > Mn > P > Cu > Mg > B [1-3]. Аналогичное

состояние характерно и для Центрального (в т.ч. Московская обл.) и Северо-Западного (в т.ч. Псковская обл.) федеральных округов. Средняя урожайность зерновых культур в Нечерноземье страны из-за несбалансированности элементов питания и низкой агротехники составляет 20-22 ц/га, а производство продовольственного зерна не превышает 50% валового сбора продукции [4]. Однако, по оценке многих экспертов, при внедрении интенсивных сортов пшеницы с высоким био-