

УДК 631.41: 631.445.2:631.816

## ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ГОРИЗОНТОВ СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОВЕРХНОСТНО- ОГЛЕЕННОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

О. С. ГАВРИШКО, Н. А. ТКАЧЕНКО, Ю. Н. ОЛИФИР, Т. В. ПАРТЫКА

Институт сельского хозяйства Карпатского региона НААН Украины  
с. Оброшино, Украина, 81115, e-mail: [havryshko0@gmail.com](mailto:havryshko0@gmail.com)

(Поступила в редакцию 13.02.2018)

Изучены изменения свойств генетических горизонтов светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы под влиянием длительных антропогенных нагрузок по сравнению с естественной почвой под лесом. На основе проведенных анализов установлены изменения показателей реакции почвенной среды, гидролитической кислотности, суммы обменных оснований, содержания гумуса и основных элементов питания на протяжении 50-летнего периода сельскохозяйственного использования почвы. Установлено, что распаханное и внесение различных доз удобрений по-разному влияет на физико-химические и агрохимические свойства почвенного профиля и отдельных горизонтов. По сравнению с первичным почвообразованием, длительное сельскохозяйственное использование светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы путем применения севооборота, обработки с запахиванием органических веществ II укоса клевера лугового и без использования удобрений к концу IX ротации постепенно снижает реакцию почвенного раствора по профилю. Длительное использование одних минеральных удобрений в условиях светло-серой поверхностно-оглеенной почвы способствовало значительному накоплению щелочногидролизующего азота – 89,6, подвижного фосфора – 164,0 и обменного калия – 110,0 мг/кг почвы, против соответственно 86,0, 41,0 и 56,0 мг/кг почвы контроля без удобрений. Однако высокая кислотность ( $pH_{KCl}$  3,98–4,03, гидролитическая кислотность 5,11–5,20 мг-экв/100 грамм почвы) блокирует поступление питательных веществ в растения. Результаты исследований свидетельствуют, что использование органо-минеральной системы удобрения с внесением 10 т/га навоза, минеральных удобрений ( $N_{65}P_{68}K_{68}$ ) на фоне 1,0 т за  $H_2$   $CaCO_3$  в типичном четырёхпольном севообороте в наибольшей степени способствует положительным изменениям кислой низко плодородной светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы и формированию оптимальных для роста и развития сельскохозяйственных культур физико-химических и агрофизических свойств.

почва, генетические горизонты, навоз, минеральные удобрения, известь, кислотность, плодородие.

*We have examined changes in the properties of genetic horizons of light gray forest surface-gleyed soils under the influence of prolonged anthropogenic loads in comparison with the natural soil under the forest. On the basis of analyzes carried out, we have established changes in the indices of reaction of the soil medium, hydrolytic acidity, the sum of exchange bases, humus content and basic nutrient elements during the 50-year period of agricultural soil use. It has been established that the plowing and application of various doses of fertilizers have different effects on the physical-chemical and agrochemical properties of the soil profile and individual horizons. Compared with the primary soil formation, long-term agricultural use of light gray forest surface-gleyed soil by applying crop rotation, and processing with burying of organic matter of the second cutting of meadow clover and without the use of fertilizers by the end of the ninth rotation gradually reduces the reaction of soil solution along the profile. Long-term use of the same mineral fertilizers under conditions of light gray surface-gleyed soil contributed to a significant accumulation of alkaline hydrolyzable nitrogen – 89.6%, mobile phosphorus – 164.0 and exchangeable potassium – 110.0 mg / kg of soil, against 86.0, 41.0 and 56.0 mg / kg of control soil without fertilizer. However, high acidity ( $pH_{KCl}$  3.98-4.03, hydrolytic acidity 5.11-5.20 mg-eq / 100 grams of soil) blocks the supply of nutrients to plants. The results of research show that the use of an organic-mineral fertilizer system with application of 10 tons of manure per hectare, mineral fertilizers ( $N_{65}P_{68}K_{68}$ ) against the background of 1.0 t per hectare and  $CaCO_3$  in the typical four-field crop rotation is most conducive to positive changes in the acid low-fertile light-gray forest surface-gleyed soils and the formation of physical, chemical and agrophysical properties optimal for the growth and development of agricultural crops.*

**Key words:** soil, genetic horizons, manure, mineral fertilizers, lime, acidity, fertility.

### Введение

Хозяйственная деятельность человека, как фактор почвообразования, влияет на почвообразующий процесс как непосредственно, так и косвенно через другие факторы, беря на себя ведущие функции регулирования взаимосвязи между почвой и культурами выращивания.

Исследования закономерностей технопедогенеза особенно важны для районов длительного сельскохозяйственного освоения, где совокупный эффект медленно текущих антропогенных воздействий, равно как и разнообразие их проявлений, в максимальной степени отражается на свойствах естественных почв [1, с. 82]. Одни исследователи считают, что в пахотных почвах происходит естественный зональный процесс почвообразования, который принципиально не отличается от процесса под естественной растительностью, другие наоборот, указывают на глубокие коренные изменения в естественном процессе почвообразования [6, с. 30–31].

Хорошо известно, что преобразования природных биоценозов на агроценозы сопровождается не только изменениями морфологических и физических свойств, но существенно влияет на количество и состав органических остатков, характер их поступления в почву вследствие чего существенно изменяются физико-химические и агрохимические показатели. Количественный учет таких изменений позволяет определить направленность и скорость почвообразующих процессов [8, с. 181].

В комплексе показателей, которые играют первостепенную роль в формировании почвенных режимов, особое место отводится показателю  $pH_{KCl}$  и гидролитической кислотности ( $H_+$ ). Эти характеристические величины непосредственно влияют на рост и развитие растений, деятельность почвенных микроорганизмов и степень растворимости

труднодоступных форм элементов питания, коагулирование и пептизацию почвенных коллоидов, а также эффективность удобрений [7 с. 44, 5 с. 62]. Оценка содержания и запасов питательных веществ, их распределение в почвенном профиле позволяют не только вычислить количество доступных элементов для растений, но и их биогенную аккумуляцию, пути миграции в ландшафте, а также участие в биологическом кругообороте веществ, что особенно актуально для повышения эффективности агропромышленного производства.

Наиболее достоверную и объективную информацию, которая дает возможность оценить роль и значение технологических приемов, агротехнических факторов в процессе изменения физико-химических и агрохимических свойств почвы, можно получить в базовых стационарных опытах.

### Основная часть

В этой связи заслуживают внимания результаты исследований в долговременном (классическом) стационарном опыте [4, с. 79], заложенном в 1965 г. на светло-серой лесной поверхностно-оглеенной бескарбонатной легкосуглинистой почве с разными дозами и соотношениями минеральных удобрений, навоза и извести. Севооборот четырехпольный со следующим чередованием культур: кукуруза на зеленую массу – ячмень яровой с подсевом клевера лугового – клевер луговой – пшеница озимая.

В опыте применяли среднеразложенный навоз КРС на соломенной подстилке, аммиачную селитру (34,5 %), гранулированный суперфосфат (19,5 %), калийную соль (40 %), в последние годы нитроаммофоску (NPK по 16 %). В качестве известковых материалов использовали известковую муку (93,5 % CaCO<sub>3</sub>). Очередной тур известкование согласно схемы опыта проводили перед началом IX ротации севооборота (под кукурузу на зеленую массу) (табл. 1).

Таблица 1. Схема полевого стационарного опыта исследованных вариантов (IX ротация)

№ вар.	Доза извести за гидролитической кислотностью, т/га	Внесено на 1 га севооборотной площади		Кукуруза на зеленую массу	Ячмень яровой + клевер луговой	Клевер луговой	Пшеница озимая
		навоз, тонн	NPK, кг д. в.				
1		Без удобрений (контроль)					
7	7,0 (1,0 н за Нг)	10	N <sub>65</sub> P <sub>68</sub> K <sub>68</sub>	Навоз, 40 т/га + N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	N <sub>70</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	–	N <sub>70</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>
15	–	–	N <sub>65</sub> P <sub>68</sub> K <sub>68</sub>	N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	N <sub>70</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	–	N <sub>70</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>

Агротехника выращивания культур, обработка почвы и уход за посевами общепринятые для условий зоны Западной Лесостепи Украины. Посевная площадь вариантов 168 м<sup>2</sup>, учетная – 100 м<sup>2</sup>, повторность опыта трехкратная. Общее количество вариантов в опыте 18. С целью реализации поставленной задачи в вариантах, указанных в табл. 1, были заложены почвенные разрезы до глубины 2 м и более с отбором образцов за генетическими горизонтами для проведения физико-химических и агрохимических анализов (в соответствии с ГОСТ ISO 11464-2001). Кроме того, для сравнения свойств почвы различного антропогенного использования, в естественной среде был заложен дополнительный базовый разрез под лесом. Физико-химические и агрохимические исследования проводили согласно методикам: содержание общего гумуса по Тюрину (ГОСТ 4732-2007), рН<sub>KCl</sub> потенциометрическим методом (ГОСТ ISO 10390-2001), гидролитическую кислотность по Каппену в модификации цинао (ГОСТ 26212-91), сумму обменных оснований по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88), содержание щелочногидролизуемого азота по Корнфильду (ГОСТ 7863:2015), легкоподвижный фосфор и обменный калий по Чирикову в вытяжке 0,5 н СН<sub>3</sub>СООН (ГОСТ 4115-2002). Проведенные исследования показали, что типичная почва под лесом характеризуется очень сильнокислой реакцией среды по всему профилю (табл. 2). При этом верхний горизонт AELg отличается самым низким значением рН<sub>KCl</sub> – 3,72 и высоким гидролитической кислотности (Нг) – 9,73 мг-экв/100 грамм почвы. Привлекает внимание и то, что до глубины 64 см сумма обменных оснований очень низкая и колеблется от 0,9 до 1,1 мг-экв/100 грамм почвы. Только с горизонта Btg (65–96 см) прослеживается резкое увеличение суммы обменных оснований с 6,8 мг-экв/100 грамм почвы до 13,7 мг-экв/100 грамм почвы в оглеенной породе (Сg), как следствие обогащения горизонтов с глубиной илистыми фракциями (табл. 2). Установлено, что по сравнению с первичным почвообразованием, длительное сельскохозяйственное использование светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы путем применения севооборота, обработки с запахиванием органических веществ II укоса клевера лугового и без использования удобрений (контроль, вар. 1) к концу IX ротации постепенно снижает реакцию почвенного раствора по профилю. Минимальные значения рН<sub>KCl</sub> и Нг при этом сосредоточены в шаре 0–31 см. С глубиной показатели солевой вытяжки и гидролитической кислотности в отдельных горизонтах то увеличиваются, то уменьшаются, имея зигзагообразный характер.

Контрольный вариант почвы с генетически присущей кислой реакцией почвенного раствора отличается низкой степенью обеспеченности обменными основаниями до субиллювиального слоя BELg (65–110 см). Так, в пахотном и подпахотном горизонтах сумма обменных оснований составляет соответственно 3,0 и 2,4 мг-экв/100 г почвы. В нижних слоях показатели растут от 6,9 до 8,0 мг-экв/100 г почвы, при этом существенно отличаются от суммы поглощенных оснований целинной почвы под лесом. Длительное применение на светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почве органо-минеральной системы удобрения с внесением  $N_{65}P_{68}K_{68}$ , 10 т/га севооборотной площади на фоне 1,0 н  $CaCO_3$  за Нг (вар. 7) положительно влияло на показатель рН по всему профилю, создавая при этом благоприятные условия для развития и роста культурных растений. Кислотность в слоях Апах. и Ап/пах. снизилась соответственно до 5,18–5,05. Показатели рН<sub>KCl</sub> в сезонно оглеенных горизонтах ELhg и BELg, составляют 4,90–4,78 единиц, в сильно глеевой породе (CG) – 4,87.

Контрольный вариант почвы с генетически присущей кислой реакцией почвенного раствора отличается низкой степенью обеспеченности обменными основаниями до субиллювиального слоя BELg (65–110 см).

Таблица 2. Физико-химические и агрохимические свойства генетических горизонтов светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы под лесом и для различных систем удобрения

Индексы генетических горизонтов	Мощность горизонта и глубина отбору образца, см	рН <sub>KCl</sub>	Гидролитическая кислотность (Нг)	Сумма обменных оснований	Щелочногидролизующий азот (N)	Легкоподвижный фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Обменный калий (K <sub>2</sub> O)
			мг-экв/100 грамм почвы	мг/кг почвы	мг/кг почвы	мг/кг почвы	мг/кг почвы
1	2	3	4	5	6	7	8
Лес (разрез №1)							
Ао	0–4	–	–	–	–	–	–
AELg	5–26	3,72	9,73	1,1	109,2	29,0	90,0
ELhg	27–47	3,86	6,49	0,9	33,6	50,0	38,8
BELg	48–64	3,78	4,51	1,0	15,4	60,0	40,0
Btg	65–96	3,83	4,60	6,8	11,2	15,9	80,0
BC1g	97–122	3,83	3,79	11,2	11,0	35,0	85,0
BC2g	123–150	3,89	3,42	11,9	9,8	53,0	87,5
Cg	151–173	3,94	3,15	13,7	8,4	20,2	80,0
Контроль (без удобрений) (вар. 1)							
Апах.	0–18	4,22	5,11	3,0	86,0	41,0	56,0
Ап/пах.	19–31	4,18	4,94	2,4	75,6	34,0	38,0
ELhg	32–64	4,31	3,58	5,2	19,6	50,0	37,0
BELg	65–110	4,13	4,20	10,4	15,4	11,0	95,0
Btg	111–131	4,22	3,23	6,9	14,0	53,0	69,0
BCg	132–180	4,47	1,40	6,0	10,5	71,0	31,0
Cg	181–200	4,35	2,62	8,0	11,2	96,0	67,0
Навоз, 10 т/га + $N_{65}P_{68}K_{68}$ + $CaCO_3$ , 1,0 н (вар. 7)							
Апах.	0–20	5,18	2,77	10,6	107,8	166,5	117,5
Ап/пах.	21–35	5,05	2,86	7,5	85,4	110,0	72,5
ELhg	36–55	4,90	3,11	8,5	44,8	66,5	44,5
BELg	56–81	4,78	3,46	9,0	29,4	41,0	78,8
Btg	82–150	4,90	3,15	11,9	28,0	51,5	93,8
BCg	151–193	4,85	2,98	16,3	25,2	44,5	90,0
CG	194–215	4,87	2,95	18,9	22,4	56,0	77,5
$N_{65}P_{68}K_{68}$ (вар. 15)							
Апах.	0–22	4,03	5,11	3,0	89,6	164,0	110,0
Ап/пах.	23–35	3,98	5,20	2,8	82,6	96,0	60,0
ELhg	36–61	4,17	4,54	1,5	25,2	60,0	35,0
BELg	62–87	4,00	5,25	5,7	19,6	38,0	90,0
Btg	88–150	4,07	2,97	8,0	14,0	90,0	76,0
BCg	151–180	4,04	2,97	13,8	17,5	29,0	74,0
CG	181–200	4,11	2,80	15,2	19,6	35,0	74,0
НСР <sub>05</sub>		0,07	0,1	0,5	2	4	7

Так, в пахотном и подпахотном горизонтах сумма обменных оснований составляет соответственно 3,0 и 2,4 мг-экв/100 г почвы. В нижних слоях показатели растут от 6,9 до 8,0 мг-экв/100 г почвы, при этом существенно отличаются от суммы поглощенных оснований целинной почвы под лесом. Длительное применение на светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почве органо-минеральной системы удобрения с внесением  $N_{65}P_{68}K_{68}$ , 10 т/га севооборотной площади на фоне 1,0 н  $CaCO_3$  за Нг (вар. 7) положительно влияло на показатель рН по всему профилю, создавая при этом благоприятные условия для развития и роста культурных растений. Кислотность в слоях Апах. и Ап/пах. снизилась соответственно до 5,18–5,05. Показатели рН<sub>KCl</sub> в сезонно оглеенных горизонтах ELhg и BELg, составляют 4,90–4,78 единиц, в сильно глеевой породе (CG) – 4,87. При данной системе удобрения показатель гидролитической кислотности с глубиной не превышал 3,46 мг-экв/100 грамм

почвы (табл. 2). Систематическое применение минеральных и органических удобрений на фоне 1,0 н известки положительно влияло и на рост суммы обменных оснований во всех генетических горизонтах. Так, гумусовый пахотный слой (0–20 см) характеризуется средней степенью обеспеченности основаниями, которая достигает 10,6 мг-экв/100 грамм почвы. В подпахотном слое (21–35 см) сумма поглощенных оснований снижается до 6,5 мг-экв/100 грамм почвы, с глубиной значения растут до горизонта Сg, где они составляют 18,9 мг-экв/100 грамм почвы.

Длительное использование одних NPK (вар. 15) в условиях светло-серой поверхностно-оглеенной почвы способствовало значительному подкислению почвенной среды, вследствие чего прослеживается низкое рН<sub>KCl</sub> по профилю с колебанием: от 3,98 до 4,17 (табл. 2). Длительное применение минеральных удобрений без известкования приводит к росту Нг от 5,11–5,20 мг-экв/100 грамм почвы в гумусовом шаре (0–35 см) до 5,25 мг-экв/100 грамм почвы в горизонте ВЕLg (62–87 см). Ниже 87 см, показатели Нг резко уменьшаются. Аналогичная закономерность относительно гидролитической кислотности прослеживается и в почве под лесом в варианте контроля (вар. 1).

Установлено, что минеральная система удобрений не имела существенного влияния на сумму обменных оснований в слое почвы 0–35 см, большее количество ее сосредоточено в нижних горизонтах, что связано с ролью выноса значительного количества оснований потоками веществ и энергии в условиях переувлажнения [3, с. 605]. Такое же распределение поглощенных оснований характерно для почвы под лесом (табл. 2). Не менее важным фактором плодородия почвы является содержание в ней легкодоступных соединений азота, фосфора и калия. Характеризуя распределение элементов питания по профилю, следует отметить резкое уменьшение с глубиной во всех вариантах исследований щелочногидролизуемого азота. Установлено, что в почве под лесом, содержание азота, фосфора и калия в гумусово-элювиальном горизонте составляет соответственно 72,8, 74,0 и 80,0 мг/кг почвы (табл. 2). При органо-минеральном удобрении на фоне известкования (вар. 7) наблюдается высокое содержание основных элементов питания по всем горизонтам. Так, в горизонте Апах. содержание щелочногидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия составляет 107,8, 166,5 и 117,5 мг/кг почвы соответственно. При минеральном питании (вар. 15) пахотный слой почвы характеризуется высоким содержанием щелочногидролизуемого азота – 89,6, подвижного фосфора – 164,0 и обменного калия – 110,0 мг/кг почвы, против соответственно 86,0, 41,0 и 56,0 мг/кг почвы контроля без удобрений. Однако, высокая кислотность (рН<sub>KCl</sub> 3,98–4,03) блокирует поступление питательных веществ в растения. Относительно доступного фосфора в вариантах 7 и 15 – наибольшее его количество сосредоточено в верхней части профиля. Вследствие подзолистого процесса почвообразования и промывного водного режима наблюдается нисходящая миграция и уменьшение P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в горизонтах ВЕLg и повышение в материнской породе. Включение в сельскохозяйственное производство почв с систематическим внесением органических, минеральных удобрений и известки приводит к обогащению их калийных запасов по всем горизонтам профиля. При органо-минеральной системе удобрения на фоне известкования содержание К<sub>2</sub>O выше, чем в лесной почве (табл. 2). Как и в случае с P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, на контроле наблюдается рост обменного калия в ниже лежащих к породе генетических горизонтах. Универсально-информационным показателем плодородия почвы, источником питательных веществ и микроорганизмов, определяющим направленность почвенных процессов, экологическое состояние и их продуктивность является содержание гумуса [2, с. 53].

Проведенные анализы показали, что в светло-серой почве под лесом и в варианте контроля содержание общего гумуса в верхнем слое составляет 2,47 % (АЕLg) и 1,48–1,40 % (Апах.-Ап/пах.). С глубиной гумус в указанных вариантах снижается, особенно резко показатели уменьшаются с горизонта ВЕLg и в почвообразующей породе.

При систематическом применении одних минеральных удобрений содержание гумуса в почве на конец IX ротации возросло только на 0,09 % в Апах. и 0,05 % в Ап/пах. слоях по сравнению с природным уровнем плодородия (вар. 1), постепенно снижаясь до 0,31 % в Сg. Однако в генетических слоях Вtg и ВСg контроля без удобрений показатели общего гумуса выше по сравнению с вариантом внесения NPK и составляют соответственно 0,28–0,47 % против 0,26–0,21 %.

Эффективной в процессе аккумуляции гумусу и стабилизации его содержания на светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почве по сравнению с вариантами 1 и 15 служит органо-минеральная система удобрений: навоз, 10 т/га + N<sub>65</sub>P<sub>68</sub>K<sub>68</sub> на фоне 1,0 н за Нг СаСО<sub>3</sub> (вар. 7). При этом содержание гумуса в слое Апах. увеличилось до 1,90 %, в Ап/пах. до 1,61 %.

Исследования свидетельствуют, что в почве под лесом и при различном сельскохозяйственном использовании, прослеживается резкое уменьшение количества гумусу

в почвенном профиле, т. е. наблюдается регрессивно-аккумулятивный тип перераспределения гумуса с глубиной.

### **Заключение**

Длительное применение различных систем удобрения в севообороте по сравнению с первичным почвообразованием под лесом изменяет физико-химические и агрохимические свойства не только верхнего слоя светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы, но и осуществляет интенсивное воздействие на расположенные ниже горизонты, тем самым влияя на почвообразующие процессы в пределах всего почвенного профиля. При этом органоминеральная система удобрения с внесением 10 т/га навоза +  $N_{65}P_{68}K_{68}$  на фоне 1,0 н за  $Hg\ CaCO_3$  в типичном четырёхпольном севообороте в наибольшей степени способствует положительным изменениям кислой низко плодородной светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы, что приводит к формированию оптимальных для роста и развития сельскохозяйственных культур физико-химических и агрофизических свойств.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Азаренок, Т. Н. Агрогенная эволюция дерново-подзолистых суглинистых почв Солигорского района / Т. Н. Азаренок // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі : серыя аграрных навук. – 2005. – №5. – С. 82–84.
2. Богдевич, И. М. Агрохимические показатели плодородия почв и мероприятия по их улучшению / И. М. Богдевич // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2005. – № 4. – С. 48–59.
3. Веремеенко, С. И. Изменение агрохимических свойств темно-серой почвы Западной Лесостепи Украины под влиянием длительного сельскохозяйственного использования / С. И. Веремеенко, О. А. Фурманец // Почвоведение. – 2014. – № 5. – С. 602–610.
4. Гізбуллін, Н. Г. Удосконалення методики проведення польових досліджень / Н. Г. Гізбуллін // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – 2007. – Вип. 9. – С. 79–87.
5. Кирильчук, А. А. Хімія ґрунтів. Основи теорії і практикум : навч. Посібник / А. А. Кирильчук, О. С. Бонішко. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 354 с.
6. Плодородие почв и устойчивость земледелия / И. П. Макаров [и др.] под ред. И. П. Макарова, и В. Д. Мухи. – М. : Колос, 1995. – 288 с.
7. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / М. В. Присяжнюк [і ін.] // Посібник українського хлібороба. – 2011. – С. 41–69.
8. Павлюк, Н. М. Сірі лісові ґрунти Опілля: монографія / Н. М. Павлюк, В. Г. Гаськевич. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 322 с.