

УДК 631.8:631.452

А. А. Новиков

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

ГУМУС ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Цель работы – изучение влияния длительного (более 10 лет) внесения органических и минеральных удобрений на содержание гумуса, его фракционно-групповой состав в черноземе обыкновенном и урожайность культур зернопаропропашного севооборота. Исследования проводились в Донском зональном научно-исследовательском институте сельского хозяйства. Для решения поставленной задачи проведено исследование состояния гумуса по следующим показателям: общий гумус и его фракционно-групповой состав, баланс углерода, определена урожайность культур десятипольного зерно-паро-пропашного севооборота под влиянием органических и минеральных удобрений в дозах 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ на 1 га (вариант 2) и 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ (вариант 3). За период ротации севооборота потеря гумуса (C) в неудобряемой почве составила 0,05 %. Расширилось соотношение гуминовых и фульвокислот (от 2,0 к 2,1), уменьшилась степень гумификации органического вещества от 41 до 40 %. Повысилось количество нерастворимого остатка с 0,91 до 0,94 %. Доля фракций гуминовых кислот значимых изменений не имела, содержание фульвокислот и в их составе 1_а, 1 и 3-й фракции снизились, 2-й – повысилась. Доза 7 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ увеличивала содержание углерода на 0,03 %. Соотношение гуминовых и фульвокислот возросло до 2,1, степень гумификации – до 42 %. Повышенная система увеличила содержание углерода на 0,09 %, в том числе гуминовых кислот – на 0,10 % за счет 2-й фракции; фульвокислот – на 0,03 %. Соотношение гуминовых и фульвокислот стало 2,2, степень гумификации – 44 %. Незначительно снизилось количество нерастворимого остатка. Урожайность культур изменялась в зависимости от их биологических особенностей, доз и систем удобрения. На естественном фоне баланс углерода под всеми культурами отрицательный, за исключением озимой ржи (+96 кг/га). Положительного баланса углерода средняя система удобрения не давала, повышенная приближала баланс к бездефицитному. Наибольший энергетический доход – 1105 ГДж/га в варианте с повышенными дозами удобрений.

Ключевые слова: экологическое состояние, гумус, минеральные, органические удобрения, баланс гумуса, гуминовые кислоты, фульвокислоты, урожайность сельскохозяйственных культур, биоэнергетическая эффективность.

A. A. Novikov

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

ORDINARY CHERNOZEMS HUMUS BY FERTILIZATION AND CULTIVATED AGRICULTURAL CROPS EFFICIENCY

The purpose of paper is to study the effect of long-term (more than 10 years) application of organic and mineral fertilizers on humus content, its fraction-group composition in ordinary chernozem, and crops productivity of grain-fallow row crops rotation. The research

was carried out in the Don Zonal Research Institute of Agriculture. To solve the given problem, the humus content was analyzed by the following parameters: total humus and its fraction-group composition, carbon balance, crop yields of ten-field grain-fallow row crops rotation under the influence of organic and mineral fertilizers in doses of 7.0 tons of manure $N_{43}P_{30}K_{24}$ on 1 ha (option 2) and 11.2 tons of manure + $N_{64}P_{42}K_{42}$ (option 3) were determined. During the crop rotation period, the loss of humus (C) in unfavorable soil was 0.05 %. The ratio of humic and fulvic acid (from 2.0 to 2.1) has widened, the degree of organic matter humification has decreased from 41 to 40 %. The amount of insoluble residue increased from 0.91 to 0.94 %. The fraction of humic acid had no significant changes, the fulvic acids content and the 1_a, 1, and 3 fractions of their composition decreased, the second fraction increased. The dose of 7 tons of manure + $N_{43}P_{30}K_{24}$ increased the carbon content by 0.03 %. The ratio of humic and fulvic acid has increased to 2.1, the degree of humification has risen up to 42 %. The improved system increased the carbon content by 0.09 %, including humic acids – by 0.10 % due to the 2nd fraction; fulvic acids – by 0.03 %. The ratio of humic and fulvic acid became 2.2, the degree of humification became 44 %. The amount of insoluble residue decreased insignificantly. Crop yields varied depending on their biological characteristics, doses and fertilizer systems. On a natural background, the carbon balance under all crops is negative, with the exception of winter rye (+96 kg/ha). The average fertilizer system did not give positive carbon balance, the improved one brought the balance to the deficit-free. The largest energy income is 1105 GJ/ha in the variant with the increased doses of fertilizers.

Keywords: ecological state, humus, mineral, organic fertilizers, humus balance, humic acids, fulvic acids, crop yields, bioenergetic efficiency.

Введение. Сложная и многоплановая проблема экологического равновесия, восполнения гумуса и питательных веществ в почве отчуждаемых с урожаями сельскохозяйственных культур, теряемых в результате эрозийных и других антропогенных нагрузок, может быть успешно решена на основании комплекса мер, среди которых одно из важнейших значений имеют удобрения [1–4].

Наиболее действенным приемом сохранения и повышения запасов гумуса служат органические удобрения. При этом уровень гумусонакопления зависит, прежде всего, от их доз [5].

Многолетние опыты показывают, что при длительном внесении удобрений качественно изменяется гумусное состояние черноземов [6, 7]. Органические и органо-минеральные удобрения заметно увеличивают содержание гумуса и улучшают его фракционно-групповой состав, одностороннее же применение минеральных удобрений чаще повышает только содержание фульвокислот в связи с физиологической кислотностью этих удобрений.

Гумусное состояние почв агроценозов во многом определяется характером и интенсивностью антропогенного воздействия, минерализация и, как следствие, снижение содержания гумуса могут существенно замедляться или ускоряться в зависимости от культур, возделываемых в севообороте.

Посевы многолетних бобовых трав повышают запасы гумуса в черноземах, в то же время интенсивное использование с большой долей пропашных культур в севооборотах, особенно парование, усиливает процесс дегумификации [6].

Повышение плодородия почвы, в том числе содержания гумуса, и улучшение его качественного состава вызывает адекватную реакцию сельскохозяйственных культур. Поэтому повышение плодородия почв и устойчивости сельскохозяйственного производства остается главной задачей поддержания бездефицитного или создания положительного баланса гумуса. Большая роль в этом вопросе принадлежит экологически безопасной системе удобрения, оптимизации структуры посевных площадей, обеспечивающих восполнение запасов гумуса за счет постоянно возобновляемых источников органического вещества.

Материалы и методы. Исследования проводились в стационаре Донского ЗНИИСХ. Почва – чернозем обыкновенный среднemosный легкоглинистый. Изменение гумусного состояния чернозема обыкновенного на естественном фоне без удобрения и при их длительном внесении изучалось нами в зерно-паро-пропашном севообороте: чистый пар, озимая пшеница, озимая рожь, кукуруза на зерно, яровой ячмень, горох, озимая пшеница, кукуруза на силос, озимая пшеница, подсолнечник. Система удобрения: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2 вариант – 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ в среднем на 1 га севооборотного участка; 3 вариант – 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ на 1 га севооборотного участка. Климат территории характеризуется долгим летом и относительно холодной зимой. Агротехника общепринятая для зоны.

Для решения поставленной задачи закладывали почвенные разрезы, отбирали почву для проведения исследований по следующим показателям:

- общий гумус (определяли по ГОСТ 26213-91);
- фракционно-групповой состав гумуса (по методу И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой) [8].

Баланс углерода в изучаемом севообороте стационара рассчитывали по методу, предложенному А. М. Лыковым [9].

Уборку урожая зерновых и зернобобовых проводили комбайном Сампо-500, пропашных – вручную. Повторность опыта четырехкратная.

Биоэнергетическую эффективность рассчитывали по методике, предложенной В. М. Володиным, Р. Ф. Ереминой, А. Е. Федорченко, А. А. Ермаковой, с поправкой на утрату или прибавку гумуса в почве до исходного состояния [10].

Результаты и обсуждения. В стационарном опыте по изучению эффективности систематического внесения удобрений в десятипольном севообороте в пахотном слое исходной почвы содержалось 2,34 % углерода, 0,96 % гуминовых кислот, 0,47 % фульвокислот, нерастворимого остатка – 0,91 % (таблица 1). Тип гумуса – гуматный.

Таблица 1 – Фракционно-групповой состав гумуса в слое 0–30 см чернозема обыкновенного

С _{общ.}	Q, ГДж/га	С _{ГК}			С _{Фк}				С _{ГК} : С _{Фк}	С _{ост}
		1	2	3	1а	1	2	3		
Исходная почва										
2,34	3235	<u>0,04</u> 1,70	<u>0,72</u> 30,80	<u>0,20</u> 8,60	<u>0,08</u> 3,40	<u>0,03</u> 1,30	<u>0,20</u> 8,50	<u>0,16</u> 6,80	2,0	<u>0,91</u> 38,90
Без удобрения, через 10 лет										
2,29	3166	<u>0,03</u> 1,20	<u>0,69</u> 30,10	<u>0,20</u> 8,70	<u>0,07</u> 2,10	<u>0,01</u> 0,40	<u>0,21</u> 9,20	<u>0,14</u> 6,10	2,1	<u>0,94</u> 41,00
7,0 т навоза + N ₄₃ P ₃₀ K ₂₄ на 1 га в среднем за 10 лет										
2,37	3277	<u>0,03</u> 1,30	<u>0,75</u> 31,60	<u>0,21</u> 8,90	<u>0,07</u> 3,00	<u>0,02</u> 0,80	<u>0,23</u> 9,70	<u>0,15</u> 6,30	2,1	<u>0,91</u> 38,40
11,2 т навоза + N ₆₄ P ₄₂ K ₄₂ на 1 га в среднем за 10 лет										
2,43	3360	<u>0,04</u> 1,60	<u>0,82</u> 33,80	<u>0,20</u> 8,20	<u>0,07</u> 2,90	<u>0,03</u> 1,20	<u>0,23</u> 9,50	<u>0,15</u> 6,20	2,2	<u>0,89</u> 36,60
НСР ₀₅ для С _{общ.} = 0,04										
Примечание – в числителе – % от почвы, в знаменателе – % от С _{общ.}										

За период ротации севооборота потеря гумуса (С) в неудобряемой почве составила 0,05 %, что равносильно утрате 69 ГДж/га.

Незначительно расширилось отношение $C_{гк} : C_{фк}$ (от 2,0 до 2,1), и уменьшилась степень гумификации органического вещества (от 41 до 40 %). Несколько повысилось количество нерастворимого остатка (от 0,91 до 0,94 %). Доля фракций гуминовых кислот значительных изменений не имела, доля фульвокислот и в их составе 1_а, 1 и 3-й фракции снизились, 2-й – повысилась.

Применение 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ минеральных удобрений увеличивало содержание углерода на 0,03 % в результате такого же роста гуминовых кислот, то есть обеспечило возможность формирования урожайности культурных растений не только за счет почвенных запасов, но и вносимых элементов питания. Количество фульвокислот и нерастворимого остатка сохранялось на уровне исходного.

Отношение $C_{гк} : C_{фк}$ возросло до 2,1, степень гумификации – до 42 % (количество гумифицированного материала в составе органического вещества характеризуется как очень высокое). Доля этих фракций в составе органического вещества практически не изменилась. Запас энергии в органическом веществе (С) несколько превысил исходный.

Более результативной в отношении запасов гумуса была повышенная система удобрения (вариант 2) – 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ на 1 га площади севооборота, применение которой увеличило содержание углерода на 0,09 %, в том числе гуминовых кислот на 0,10 % за счет 2-й фракции; фульвокислот – на 0,03 %. Отношение $C_{гк} : C_{фк}$ стало 2,2, степень гумификации – 44 %. В пределах ошибки опыта снизилось количество нерастворимого остатка. Количество энергии, заключенной в гумусе, возросло до 3360 ГДж/га.

Исследованиями установлено, что урожайность сельскохозяйственных культур изменялась в зависимости от их биологических особенностей, доз и систем удобрения. На естественном фоне она колебалась в пределах

от 4,94 т зерновых ед./га (озимая пшеница по чистому пару) и 4,19 т/га (кукуруза на силос) до 4,22 т/га (озимая пшеница по гороху) (таблица 2).

Таблица 2 – Баланс углерода и урожайность сельскохозяйственных культур в зерно-паро-пропашном севообороте при длительном внесении удобрений

Культура	Показатель						
	Физическая урожайность, т/га	Зерновые единицы, т/га	Вынос азота, кг/га	Поступление азота, кг/га	Минерализация углерода, кг/га	Новообразованное углерода, кг/га	Баланс углерода, кг/га
1	2	3	4	5	6	7	8
Контроль (без удобрения)							
Чистый пар	–	–	150,0	39,9	1101	284	–817
Озимая пшеница	4,94	4,94	137,6	9,1	1285	–	–1285
Озимая рожь	3,54	3,54	77,6	43,5	341	437	+96
Кукуруза на зерно	4,88	3,90	144,2	30,2	1140	370	–770
Яровой ячмень	3,31	3,31	78,7	33,6	451	220	–231
Горох	2,61	3,65	122,6	66,5	561	237	–324
Озимая пшеница	4,22	4,22	111,6	35,5	761	181	–580
Кукуруза на силос	30,8	4,19	109,1	35,3	738	403	–335
Озимая пшеница	3,35	3,35	82,0	34,4	476	220	–256
Подсолнечник	2,26	3,32	109,6	30,4	792	361	–431
В среднем на 1 га		3,44	112,3	42,6	764	271	–493
7,0 т навоза + N ₄₃ P ₃₀ K ₂₄ на 1 га в среднем за 10 лет							
Чистый пар	–	–	150,0	72,5	776	1229	+454
Озимая пшеница	5,65	5,65	174,7	39,1	1356	–	–1356
Озимая рожь	4,58	4,58	113,5	77,2	363	471	+108
Кукуруза на зерно	5,40	4,25	174,2	79,9	943	420	–523
Яровой ячмень	3,97	3,97	98,8	35,2	636	232	–404
Горох	3,01	4,21	154,6	78,5	761	251	–510
Озимая пшеница	4,95	4,95	145,0	84,1	609	189	–420
Кукуруза на силос	35,7	4,60	146,7	95,3	514	2126	+1612
Озимая пшеница	4,95	4,95	124,9	62,9	420	247	–173
Подсолнечник	2,61	3,84	135,4	55,2	802	413	–389
В среднем на 1 га		4,05	141,8	70,0	718	558	–160
11,2 т навоза + N ₆₄ P ₄₂ K ₄₂ на 1 га в среднем за 10 лет							
Чистый пар	–	–	150,0	80,8	692	1457	+765
Озимая пшеница	6,14	6,14	203,0	39,1	1639	–	–1639
Озимая рожь	5,37	5,37	147,2	111,1	361	495	+134
Кукуруза на зерно	5,77	4,62	208,3	76,8	1315	1583	+268
Яровой ячмень	4,53	4,53	121,0	56,1	649	248	–401
Горох	3,42	4,79	182,5	100,2	823	263	–560
Озимая пшеница	5,32	5,32	171,1	89,3	818	197	–621
Кукуруза на силос	39,8	5,18	183,8	135,5	483	2367	+1884
Озимая пшеница	4,90	4,90	152,9	129,5	234	274	+40

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Подсолнечник	2,87	4,22	166,2	84,6	816	435	–381
В среднем на 1 га	–	4,51	168,6	90,3	783	732	–51
НСР ₀₅		0,50					

Урожайность озимой пшеницы по кукурузе, ярового ячменя, подсолнечника оказалась минимальной – 3,31–3,35 т зерновых ед./га. Продуктивность севооборота в среднем составила 3,44 т зерновых ед./га.

Среди культур севооборота наибольшую отзывчивость на удобрения проявляла озимая пшеница, возделываемая после кукурузы, и озимая рожь. Прибавки от применения средних доз удобрений (7,0 т навоза + N₄₃P₃₀K₂₄ на 1 га севооборотной площади) достигали 29–46 % к контролю, повышенных (11,2 т навоза + N₆₄P₄₂K₄₂) – 46–52 %.

Прибавки урожайности при посеве кукурузы на силос составили соответственно по вариантам 16 и 29 %, гороха – 15 и 31 %, меньше они у подсолнечника – 15 и 27 %, выращиваемой по гороху озимой пшеницы – 17 и 26 %, озимой пшеницы по чистому пару – 14 и 24 %, возделываемой на зерно кукурузы – 11 и 18 %. Прибавка урожайности ярового ячменя от последствий средней дозы составила 20 %, повышенной – 37 %.

Продуктивность севооборота в среднем за 10 лет от внесения 7,0 т навоза + N₄₃P₃₀K₂₄ (вариант 2) равнялась 4,05 т зерновых ед./га (или 18 %) к контролю, от 11,2 т навоза + N₆₄P₄₂K₄₂ (вариант 3) – 4,51 т зерновых ед./га (или 31 %).

Таким образом, разница в продуктивности сельскохозяйственных культур севооборота при внесении повышенных доз удобрений (вариант 3) на 0,46 т зерновых ед./га больше, чем средних (вариант 2).

На естественном фоне баланс углерода оказался отрицательным под всеми культурами, за исключением озимой ржи, вследствие сравнительно невысокой урожайности, соответственно, небольшого выноса азота этой культурой и достаточно высокого количества растительной массы предшественника – озимой пшеницы по чистому пару.

Максимальный дефицит углерода наблюдался на поле, на котором возделывалась озимая пшеница по чистому пару (–1285 кг/га), имевшая высокую урожайность и вынос. Кроме того, здесь отсутствовало поступление азота растительных остатков в чистом паре.

Достаточно высокий и одинаковый недостаток углерода отмечен на поле чистого пара (–817 кг/га) и при возделывании кукурузы на зерно (–770 кг/га). В почве пара дефицит связан с усиленной минерализацией почвенных запасов углерода при интенсивной обработке, повышенном доступе кислорода и усилении окислительных процессов, под кукурузой на зерно – со сравнительно высоким выносом азота, интенсивными междурядными обработками, способствующими минерализации почвенного углерода. В среднем по севообороту дефицит углерода составил 493 кг/га.

Внесение удобрений в средних – 2 вариант (7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$) и повышенных – 3 вариант (11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$) – дозах, как отмечалось ранее, увеличивало продуктивность севооборота: в первом случае на 18 %, во втором – на 31 %. На некоторых полях севооборота (озимая пшеница, возделываемая по чистому пару, горох, яровой ячмень, подсолнечник) в вариантах с внесением удобрений по сравнению с естественным фоном даже возрастала минерализация углерода и дефицит его повышался.

При внесении удобрений в средних дозах (вариант 2) минерализация углерода в севообороте составила 718 кг, новообразование – 558 кг. Положительного баланса углерода этот вариант не давал, сокращая его дефицит на 1 га соответственно от 493 кг при контроле до 160 кг.

Положительный баланс углерода при внесении этих доз удобрений получен на полях кукурузы на силос (1612 кг/га), чистого пара (454 кг/га), ржи (108 кг/га). Минимальным недостаток углерода оказался на поле озимой пшеницы после кукурузы (–173 кг/га).

Минерализация углерода в варианте с повышенной дозой удобрений (вариант 3) возрастала на 9 % в сравнении со средней дозой (вариант 2) и

составила 783 кг/га, новообразование увеличилось на 31 % (до 732 кг/га). Эта система приближала баланс (C) к бездефицитному – (– 51 кг/га), в пересчете на гумус – (–87,9 кг).

По полям севооборота баланс углерода складывался по-разному. Максимально бездефицитным (1884 кг/га) он был на поле кукурузы, возделываемой на силос, за счет внесения удобрений. Положительным баланс (C) оказался также в чистом паре (765 кг/га), при возделывании кукурузы на зерно (268 кг/га), озимой ржи (134 кг/га) и озимой пшеницы, идущей по кукурузе на силос (40 кг/га).

На поле, на котором выращивалась озимая пшеница по чистому пару, в сравнении с естественным фоном дефицит углерода возрастал в 1,3 раза. Отрицательным он был также при выращивании озимой пшеницы по гороху (–621 кг/га), гороха (–560 кг/га), ярового ячменя (–401 кг/га), подсолнечника (–381 кг/га).

Вышеприведенные расчетные материалы баланса углерода в почве отражают изменения его содержания в севообороте на естественном фоне и при внесении удобрений. При переводе величин этих показателей из кг/га в проценты и сравнение их с данными анализа содержания углерода в почве установлено, что баланс (C) составил на контроле без удобрения по расчету (–0,14 %), по анализам – (–0,05 %); при внесении 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ на 1 га севооборотной площади – соответственно (–0,05) и +(0,03 %), внесении 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ – (–) 0,02 и + 0,09 %.

За 10 лет в контрольном варианте урожаем культур было аккумулировано 988 ГДж/га энергии (таблица 3).

Внесение удобрений повышало количество энергии в урожае во втором варианте (70 т навоза + $N_{430}P_{300}K_{240}$ за всю ротацию севооборота) на 20 % и на третьем варианте (112 т навоза + $N_{640}P_{420}K_{420}$ за всю ротацию севооборота) – на 36 %.

Энергозатраты на возделывание сельскохозяйственных культур,

определенные по технологическим картам, оказались, естественно, максимальными при внесении повышенных доз удобрений, затраты энергии гумуса почвы – в контрольном варианте [10].

Таблица 3 – Биоэнергетическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур за 10 лет

В ГДж/га

Показатель	Вариант					
	контроль		70 т навоза + N ₄₃₀ P ₃₀₀ K ₂₄₀		112 т навоза + N ₆₄₀ P ₄₂₀ K ₄₂₀	
	без учета затрат энергии гумуса	с учетом затрат энергии гумуса	без учета затрат энергии гумуса	с учетом затрат энергии гумуса	без учета затрат энергии гумуса	с учетом затрат энергии гумуса
Энергия, аккумулированная урожаем	988	988	1190	1190	1347	1347
Энергозатраты технологические	186	186	292	292	366	366
Энергозатраты гумуса почвы	0	69	0	–42	0	–124
Общие энергозатраты	186	255	292	250	366	242
Энергетический доход	802	733	898	940	981	1105
Коэффициент биоэнергетической эффективности	5,3	3,9	4,1	4,8	3,7	5,6

Применение удобрений сохраняло его запасы в почве, сокращая энергетические потери в варианте со средними дозами (вариант 2) на 14 %, повышенными (вариант 3) – на одну треть. Энергетический доход более высокий в варианте с повышенными дозами удобрений (вариант 3).

Коэффициент биоэнергетической эффективности возделывания культур без учета потерь гумуса в почве оказался наибольшим на контрольном варианте без удобрения (5,3), меньшим – (4,1) на втором (70 т навоза + N₄₃₀P₃₀₀K₁₅₀ за 10 лет). На третьем варианте (112 т навоза + N₆₄₀P₄₂₀K₄₂₀) этот коэффициент снижался до 3,7.

При учете изменения запасов гумуса в почве коэффициент энергетической эффективности при контроле без удобрения снижался до 3,9, при внесении удобрений в средних дозах (вариант 2) увеличивался до 4,8, в повышенных (вариант 3) – до 5,6.

Выводы.

1 Систематическое внесение 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ минеральных удобрений в среднем за 10 лет на 1 га площади зерно-паро-пропашного севооборота обеспечивает поддержание экологического равновесия гумуса на исходном уровне. Баланс гумуса, близкий к положительному, при росте содержания гуминовых кислот и снижении нерастворимого остатка получен в севообороте от внесения 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$. На естественном фоне доля гумуса уменьшается, качественный состав его ухудшается.

2 Продуктивность зерно-паро-пропашного севооборота от внесения в среднем на 1 га за 10 лет 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ равнялась 4,05 т зерновых ед./га (или 18 %) к контролю, от 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ – 4,51 т зерновых ед./га (или 31 %).

3 Биоэнергетическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур при сохранении запасов гумуса в почве выше при внесении удобрений (1105 ГДж/га), чем без их применения (733 ГДж/га). Без учета почвенного плодородия удобрения, хотя и дают энергетический доход, но снижают коэффициент энергетической эффективности (соответственно 3,7–5,3).

Список использованных источников

1 Кирюшин, В. И. Экологизация земледелия и технологическая политика / В. И. Кирюшин. – М.: МСХА, 2000. – 473 с.

2 Мязин, Н. Г. Влияние систематического применения удобрений и мелиорантов на гумусное состояние чернозема выщелоченного / Н. Г. Мязин, Т. М. Парахневич // Агрохимия. – 2000. – № 9. – С. 11–18.

3 Продуктивность зернопаропропашного севооборота и плодородие обыкновенного чернозема в зависимости от систематического внесения органических и минеральных удобрений / И. М. Шапошникова [и др.] // Агрохимия. – 1990. – № 12. – С. 11–23.

4 Эффективность систематического внесения органических и органоминеральных удобрений в севооборотах / И. М. Шапошникова, А. И. Гармашев, А. В. Лабынцев, В. И. Медведева // Агрохимия. – 1997. – № 2. – С. 41–46.

5 Безуглова, О. С. Гумусное состояние почв юга России / О. С. Безуглова. – Ростов н/Д.: СКНЦ ВШ, 2001. – 228 с.

6 Новиков, А. А. Гумусное состояние почв в севооборотах различной конструкции на черноземах обыкновенных / А. А. Новиков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2012. – № 78(04). – С. 555–564. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17714655>. – Шифр Информрегистра 0420900012.

7 Шапошникова, И. М. Плодородие черноземов Юга России / И. М. Шапошникова. – Ростов н/Д., 2004. – 231 с.

8 Практикум по агрохимии / В. Г. Сычев [и др.]; под ред. В. Г. Минеева. – М.: МГУ, 2001. – 688 с.

9 Лыков, А. М. К методике расчетного определения гумусного баланса почвы в интенсивном земледелии / А. М. Лыков // Известия ТСХА. –1979. – № 6. – С. 14–19.

10 Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе / В. М. Володин, Р. Ф. Еремина, А. Е. Федорченко, А. А. Ермакова. – Курск: ЮМЭКС, 1999. – 48 с.

References

1 Kiryushin V.I., 2000. *Ekologizatsiya zemledeliya i tekhnologicheskaya politika* [Ecologization of agriculture and technological policy]. Moscow, Moscow Agricultural Academy Publ., 473 p. (In Russian).

2 Myazin N.G., Parakhnevich T.M., 2000. *Vliyaniye sistematicheskogo primeneniya udobreniy i meliorantov na gumusnoye sostoyaniye chernozema vshchelochennogo* [Influence of the systematic application of fertilizers and ameliorants on the humus content of leached chernozem]. *Agrokhiimiya* [Agrochemistry]. no. 9, pp. 11-18. (In Russian).

3 Shaposhnikova I.M., 1990. *Produktivnost zernoparopropashnogo sevooborota i plodorodiye obyknovennogo chernozema v zavisimosti ot sistematicheskogo vneseniya organicheskikh i mineralnykh udobreniy* [Productivity of grain-fallow row crops rotation and fertility of ordinary chernozem, depending on systematic application of organic and mineral fertilizers]. *Agrokhiimiya* [Agrochemistry]. no. 12, pp. 11-23. (In Russian).

4 Shaposhnikova I.M., Garmashev A.I., Labyntsev A.V., Medvedeva V.I., 1997. *Effektivnost sistematicheskogo vneseniya organicheskikh i organo-mineralnykh udobreniy v sevooborotakh* [Efficiency of systematic application of organic and organic-mineral fertilizers in crop rotations]. *Agrokhiimiya* [Agrochemistry]. no. 2, pp. 41-46. (In Russian).

5 Bezuglova O.S., 2001. *Gumusnoye sostoyaniye pochv yuga Rossii* [Humus content of soils of the Southern Russia]. Northern Caucasus Scientific centre of Higher School Publ., 228 p. (In Russian).

6 Novikov A.A., 2012. *Gumusnoye sostoyaniye pochv v sevooborotakh razlichnoy konstruktzii na chernozemakh obyknovennykh* [Humus content of soils in crop rotations of different structures on ordinary chernozem]. *Politematicheskij setevoy ehlektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian University]. no. 78(04), pp. 555-564, available: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17714655> Id = 17714655. (In Russian).

7 Shaposhnikova I.M. 2004. *Plodorodie chernozemov Yuga Rossii* [Fertility of chernozems of the Southern Russia]. Rostov n/D., 231 p. (In Russian).

8 Sychev V.G., 2001. *Praktikum po agrokhimii* [Practical Course on agrochemistry]. Moscow, Moscow State University Publ., 688 p. (In Russian).

9 Lykov A.M., 1979. *K metodike raschetnogo opredeleniya gumusnogo balansa pochvy v intensivnom zemledelii* [On the calculating definition method of soil humus balance in intensive agriculture]. *Izvestiya TSKhA* Publ., no. 6, pp. 14-19. (In Russian).

10 Volodin V.M, Eremina R.F., Fedorchenko A.Ye, Ermakova A.A., 1999. *Metodika resursno-ekologicheskoy otsenki effektivnosti zemledeliya na bioenergeticheskoy osnove* [Methodology of resource-environmental efficiency farming estimation on a bioenergy basis]. Kursk, YUMEKS Publ., 48 p. (In Russian).

Новиков Алексей Алексеевич

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Ученое звание: профессор

Должность: профессор

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова филиал Донского Государственного аграрного университета

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: al.al.novikov@gmail.com

Novikov Alexey Alekseevich

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Title: Professor

Position: Professor

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: al.al.novikov@gmail.com