

УДК 631.41:631.445:631.51

**ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ  
СРЕДНЕСМЫТОЙ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ  
ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ ОБРАБОТОК И УДОБРЕНИЙ**

**И. С. КОЧЕТОВ**

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

В результате 7-летних исследований в условиях стационарного полевого опыта установлено, что почвозащитные технологии (обычная поперек склона, обычная с щелеванием и минимальная) на фоне внесения минеральных удобрений в зернотравяном севообороте приводят к ухудшению агрохимических свойств почвы (снижению насыщенности основаниями,  $pH_{\text{СОЛ}}$ , содержания кальция, магния, углерода и общего азота).

Влияние противоэрозионных обработок на плодородие эродированных дерново-подзолистых почв в Центральном Нечерноземье еще недостаточно изучено [2, 7, 8, 11]. Особый интерес представляет определение роли глубоких и минимальных обработок, а также их сочетаний, поскольку до настоящего времени в полной мере не выяснено их воздействие на агрохимические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур на склоновых землях [1, 4, 6, 7, 8, 10, 12].

В данной работе приводятся результаты семилетнего изучения влияния обычной, обычной с щелеванием, минимальной обработок и удобрений на агрохимические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур зернотравяного севооборота.

## Методика

Исследования проводили в полевом стационарном 3-факторном опыте, заложенном методом расщепленных делянок в 1980 г. на Конаковском поле учхоза ТСХА «Михайловское» в 5-польном севообороте во времени: овес (1981 г.) — ячмень с подсевом многолетних трав (1982 г.) — многолетние травы 1-го пользования (1983 г.) — многолетние травы 2-го года пользования (1984 г.) — озимая пшеница (1985 г.) — по следующей схеме. Фактор А. Система обработки: 1 — обычная (на

20—22 см); 2 — то же+щелевание на 40—50 см; 3 — минимальная (лушение на 6—8 см). Фактор Б. Удобрения: 1 — рекомендуемые нормы (60N60P60K); 2 — изучаемые (90N90P90K). Фактор С. Крутизна склона: 1—4 и 2—8°.

Почва дерново-подзолистая, смытая.

Подробно условия опыта приведены в работе [9]. Все исследования выполняли по соответствующим ГОСТ и методикам, принятым в научных учреждениях.

## Результаты

Обработка почвы, применение удобрений и извести оказывают существенное влияние на почвенно-поглощающий комплекс (табл. 1). За 7 лет исследований заметно снизились степень насыщенности почвы основаниями, содержание кальция, магния и  $pH_{\text{сол}}$ . Наибольшее снижение отмечено по обычной вспашке с щелеванием и обычной вспашке при внесении 90N90P90K на склоне крутизной 4°. При этом заметно возросла гидролитическая кислотность, которая была выше, чем исходная, и в варианте минимальной обработки.

Крутизна склона мало влияла на агрохимические свойства почвы. Снижение содержания катионов кальция и магния в слое почвы 0—40 см в варианте минимальной обработки связано с их вымыванием за пределы пахотного слоя. Кроме того, систематическое применение физиологически кислых минеральных удобрений резко усиливает этот процесс [14].

Таблица 1

Агрохимические свойства почвы в слое 0—40 см в 1987 г.  
(ячмень с подсевом многолетних трав)

Вариант обработки	Насыщенность основаниями, %	Ca	Mg	$H^+$ , ммоль/100 г	$pH_{\text{сол}}$
		мг-экв/100 г			
Крутизна склона 4°					
Исходное содержание, 1980 г.	86,0	8,5	2,8	1,9	5,3
Обычная	82,8	7,9	2,4	2,1	5,2
	71,9	8,0	2,5	2,3	5,1
То же + щелевание	81,8	8,0	2,7	2,4	5,0
	79,9	7,9	2,3	2,6	4,8
Минимальная	83,2	7,9	2,1	2,0	5,3
	85,1	7,9	2,5	1,8	5,4
Крутизна склона 8°					
Исходное содержание, 1980 г.	88,2	9,8	3,2	1,8	5,4
Обычная	86,6	9,2	2,7	1,8	5,4
	84,1	8,2	2,7	2,1	5,2
То же + щелевание	85,5	8,9	2,8	2,0	5,4
	86,5	8,9	2,8	1,8	5,6
Минимальная	87,2	8,8	2,9	1,7	5,5
	87,3	8,5	2,8	1,6	5,6

Примечание. Здесь и в последующих таблицах в числителе — рекомендуемые, в знаменателе — изучаемые нормы удобрений.

Вымывание и вынос кальция (кг/га) в среднем за 1983—1986 гг.

Вариант обработки	Вымывание			Вынос с урожаем	Суммарные потери	Содержится в корневых и пожнивных остатках
	фильтрующимися осадками	поверхностным стоком	внутрипочвенным стоком			
Крутизна склона 4°						
Обычная	213,4	7,1	—	98,7	319,2	19,1
	188,2	4,4	12,7	104,0	309,3	23,5
То же + щелевание	195,7	2,9	—	99,8	298,4	22,9
	145,8	4,7	13,1	106,3	269,9	23,5
Минимальная	185,6	4,0	—	101,2	290,8	24,0
	182,8	5,9	10,0	105,2	303,9	23,0
Крутизна склона 8°						
Обычная	216,6	29,1	—	85,2	330,9	20,3
	189,5	34,1	32,5	89,9	346,0	21,7
То же + щелевание	201,6	5,2	—	83,1	333,2	19,8
	206,0	25,3	43,3	90,6	365,2	19,4
Минимальная	228,5	30,6	—	84,8	343,9	22,4
	227,0	30,7	25,3	90,5	373,5	29,4

Отечественные экспериментальные данные о миграции кальция из почвы с фильтрующимися водами, полученные с использованием лизиметрических исследований, малочисленны и относятся главным образом к почве, находящейся в естественном состоянии (под пологом леса, естественной травянистой растительностью). К изучению миграции кальция в пахотных почвах Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР приступили лишь в последние годы [3, 5, 11, 12; 13].

В условиях равнинного земледелия установлено, что наибольшее количество кальция теряется в результате его вымывания из почвы. На интенсивность этого процесса оказывают большое влияние количество выпадающих осадков и такие факторы, как нормы и формы минеральных удобрений и известки, свойства почвы, наличие и характер растительного покрова, агротехника [14].

В условиях сельскохозяйственного производства содержание оснований в пахотном и корнеобитаемом слое почвы снижается вследствие их выноса с урожаем и миграции с фильтрующимися атмосферными осадками.

К началу наших исследований потери кальция из пахотных почв склонов в условиях Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР практически не изучались. Мы проводили лизиметрические опыты в вариантах основного полевого стационарного опыта. Полученные данные (табл. 2) свидетельствуют о том, что противозерозионные обработки, удобрения и крутизна склона во многом определяют потери кальция из почвы. В среднем за 4 года наибольшие суммарные ежегодные его потери (373,5 кг/га) наблюдались в варианте минимальной обработки склона крутизной 8° по фону изучаемых норм удобрений, что объясняется самыми большими потерями кальция (228,5 кг/га) с фильтрующимися водами; наименьшие (269,9 кг/га) — по обычной вспашке с щелеванием на склоне крутизной 4° при тех же нормах удобрений. В этом варианте были и самые низкие потери этого элемента (145,8 кг/га) с фильтрующимися водами.

С поверхностным стоком талых вод наибольший вынос кальция (34,1 кг/га) отмечен в варианте обычной вспашки склона крутизной 8° по фону 90N90P90K; наименьший (2,9 кг/га) — в варианте обычной вспашки с щелеванием склона крутизной 4° по 60N60P60K, хотя в этом же варианте обработки, но на склоне 8° и по фону 90N90P90K с внутрипочвенным стоком выносилось наибольшее количество кальция

Содержание углерода и общего азота (%) в слое 0—40 см в 1987 г.  
(ячмень с подсевом многолетних трав)

Вариант обработки	Крутизна склона 4°			Крутизна склона 8°		
	C	N	C:N	C	N	C:N
Исходное состояние 1980 г.	0,98	0,082	11,9	0,94	0,074	12,7
Обычная	0,88	0,069	12,7	0,79	0,066	12,0
	0,84	0,0072	11,6	0,78	0,069	11,3
То же + щелевание	0,88	0,071	12,4	0,82	0,069	12,0
	0,88	0,074	12,0	0,81	0,072	11,2
Минимальная	0,87	0,072	13,0	0,73	0,064	11,4
	0,87	0,071	12,2	0,75	0,064	11,7

(43,3 кг/га). С урожаем культур зернотравяного севооборота больше всего вынесено кальция (105,2; 106,3 кг/га) в вариантах минимальной и обычной с щелеванием обработок на склоне крутизной 4° по фону 90N90P90K.

Основной приходной статьей баланса кальция является ежегодное его поступление с корневыми и пожнивными остатками возделываемых культур. На ее долю приходится от 19,1 кг/га по фону рекомендуемых норм удобрений в варианте обычной вспашки склона 4° до 29,4 кг/га по изучаемым нормам при минимальной обработке склона 8°.

Таким образом, лизиметрический опыт свидетельствует о том, что следствием потери почвой кальция явилось увеличение ее кислотности и снижение степени насыщенности основаниями. Дерново-подзолистые почвы склоновых земель из-за особенностей механического и минералогического состава минеральной части и низкого содержания органического вещества отличаются малой емкостью почвенного поглощающего комплекса, в котором доля кальция благодаря высокому содержанию водорода и алюминия весьма незначительна.

Механическая обработка является одним из наиболее существенных факторов, отрицательно влияющих на баланс органического вещества почвы, особенно на склоновых землях дерново-подзолистых почв (табл. 3).

Семилетнее применение почвозащитных обработок в зернотравяном севообороте привело к заметному снижению содержания углерода в слое 0—40 см, причем в большей мере на склоне крутизной 8°. Так, по минимальной обработке содержание углерода было на 0,19—0,21 % меньше, чем в аналогичном слое по обычной вспашке, а в варианте обычной вспашки с щелеванием при крутизне склона 4° — на 0,10 % меньше. Это снижение связано со смывом почвы, минерализацией органического вещества и миграцией углерода с поверхностным и внутрипочвенным горизонтальным стоком. Минеральные удобрения в изучаемых нормах не оказали заметного влияния на содержание углерода в почве. Аналогичная картина наблюдалась и в отношении изменения содержания общего азота. Отношение азота к углероду уменьшалось по фону изучаемых норм удобрений при проведении противоэрозионных обработок на склоне 8° и несколько расширялось на фоне рекомендуемых норм удобрений на склоне 4°.

В интенсивном земледелии органическое вещество изменяется не только количественно, но и качественно. Гумусовые вещества по сравнению с отмершими растительными остатками и соединениями неспецифической природы химически стабильны, более устойчивы к биологическому разложению и благодаря этому служат основными компонентами органической части почвы. Однако и они претерпевают заметные изменения, масштабы которых зависят от крутизны склона и эффективности применяемых почвозащитных мероприятий.

Показатели гумусового состояния почвы в слое 0—40 см в 1987 г.  
(ячмень с подсевом многолетних трав)

Вариант обработки	Запасы гумуса, т/га	Степень гумификации органического вещества	$\frac{C_{г.к}}{C_{ф.к}}$	Свободные гуминовые кислоты, %	Гуминовые кислоты, связанные с Са, %	Прочность-занные гуминовые кислоты, %	Негидролизный остаток, %
Крутизна склона 4°							
Исходное состояние, 1980 г.	94,6	19,9	0,64	38,7	26,1	35,2	49,1
Обычная	<u>85,1</u>	<u>20,9</u>	<u>0,54</u>	<u>26,8</u>	<u>50,7</u>	<u>22,5</u>	<u>40,2</u>
	80,6	22,6	0,58	24,0	44,0	32,0	38,7
То же + щелевание	<u>84,6</u>	<u>20,5</u>	<u>0,54</u>	<u>31,2</u>	<u>37,6</u>	<u>31,2</u>	<u>41,2</u>
	85,1	20,3	0,51	27,1	49,3	23,6	40,1
Минимальная	<u>85,2</u>	<u>23,7</u>	<u>0,60</u>	<u>23,6</u>	<u>51,5</u>	<u>25,3</u>	<u>37,0</u>
	85,2	22,5	0,55	28,4	46,7	24,9	36,9
Крутизна склона 8°							
Исходное состояние, 1980 г.	91,4	18,5	0,57	32,4	23,8	43,8	48,8
Обычная	<u>72,3</u>	<u>20,7</u>	<u>0,52</u>	<u>20,8</u>	<u>46,9</u>	<u>32,3</u>	<u>39,3</u>
	75,6	19,7	0,49	27,4	45,7	26,9	40,1
То же + щелевание	<u>79,5</u>	<u>19,7</u>	<u>0,49</u>	<u>23,4</u>	<u>46,2</u>	<u>30,4</u>	<u>40,0</u>
	78,4	22,9	0,58	22,7	42,2	34,1	37,9
Минимальная	<u>71,5</u>	<u>21,8</u>	<u>0,48</u>	<u>18,3</u>	<u>46,3</u>	<u>35,4</u>	<u>32,7</u>
	74,4	20,8	0,48	19,2	47,6	33,2	35,5

В дерново-подзолистых почвах доля гуминовых кислот, являющихся наиболее ценной в агрономическом отношении фракцией гумуса, не превышает 15—20 %, а преобладают фульвокислоты, т. е. фракция, состоящая из менее ценных и более подвижных соединений. Специфические гумусовые вещества заметно влияют на физические и сорбционные свойства почвы, в то время как неспецифические органические вещества и фульвокислоты активно воздействуют на эффективное плодородие почвы. В современной земледелии на эродированных дерново-подзолистых почвах направленное изменение группового состава гумуса является очень важным почвозащитным мероприятием.

Известно, что при гумусообразовании, характерном для подзолистых почв, отношение углерода гуминовых кислот ( $C_{г.к}$ ) к углероду фульвокислот ( $C_{ф.к}$ ) в составе гумуса обычно меньше единицы. При окультуривании дерново-подзолистой почвы соотношение  $C_{г.к}:C_{ф.к}$  увеличивается, т. е. смещается к единице. Гуминовые кислоты находятся либо в свободном состоянии, либо в форме непрочных комплексных соединений с железом и алюминием; гуматы кальция, как правило, отсутствуют.

По полученным нами данным, семилетнее применение почвозащитных технологий в зернотравяном севообороте на склонах крутизной 4 и 8° влияло на содержание и фракционный состав гумуса (табл. 4).

При минимальной обработке на фонах рекомендуемых и изучаемых норм удобрений запасы гумуса были на 1,2—5,8 т/га меньше, чем при обычной вспашке склона 8°. Аналогичная закономерность отмечалась и в изменении типа гумуса ( $C_{г.к}:C_{ф.к}$ ).

За 7 лет опыта существенно снизились запасы гумуса по сравнению с исходным его количеством, особенно в варианте обычной вспашки склона 4° по фону 90N90P90K и минимальной обработке склона 8° по фону 90N90P90K (разница соответственно 14,0 и 19,9 т/га).

Не выявлено существенных различий влияния на качественный состав гумуса семилетнего применения изучаемых и рекомендуемых норм

Содержание питательных веществ в корневых и пожнивных остатках культур  
(кг/га, в среднем за 1981—1986 гг.)

Вариант обработки	Сухие корневые и пожнивные остатки, ц/га в слое 0—40 см	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
Крутизна склона 4°					
Обычная	36,7	60,2	16,6	9,0	17,9
	40,0	65,2	25,8	12,1	22,6
То же + щелевание	39,2	68,2	27,8	10,0	21,3
	44,5	80,6	31,1	13,1	23,1
Минимальная	39,2	70,7	27,2	10,0	21,3
	43,1	77,3	27,6	11,9	24,1
Крутизна склона 8°					
Обычная	34,7	61,3	19,4	7,6	18,6
	36,9	66,9	23,0	8,8	19,8
То же + щелевание	38,1	63,3	22,0	9,6	19,9
	40,0	70,7	24,5	11,2	19,6
Минимальная	34,7	63,4	23,0	7,4	18,6
	37,3	65,5	24,8	9,5	25,3

удобрений. Во всех вариантах противозерозионных обработок по фону 90N90P90K. в составе гумуса несколько повысилось содержание фульвокислот при одновременном уменьшении доли гуминовых кислот. При этом в 1,5—2,0 раза возросла доля гуминовых кислот, связанных с катионами кальция (по сравнению с исходным состоянием).

Противозерозионные обработки также мало влияли на групповой состав гумуса. Однако отмечено, что в варианте обычной вспашки с щелеванием по фону 90N90P90K доля гуминовых кислот увеличилась, расширилось соответственно соотношение  $C_{г.к}:C_{ф.к.}$

С корневыми и пожнивными остатками сельскохозяйственных культур в почву поступают питательные вещества, что частично компенсирует вынос их из почвы (табл. 5). Наибольшее количество азота (80,6—77,3 кг/га) содержалось в корневых и пожнивных остатках культур зерноотраважного севооборота в вариантах обычной вспашки с щелеванием и минимальной обработки склона крутизной 4° по фону изучаемых норм удобрений, наименьшее (60,2—61,3 кг/га) при обычной вспашке склона крутизной 4 и 8° по рекомендуемым нормам удобрений. Аналогичная картина наблюдалась и в отношении содержания фосфора, калия и кальция.

В Центральном районе Нечерноземной зоны РСФСР низкое плодородие смытых почв во многом связано с малым содержанием в них азота, поэтому важная роль в повышении плодородия таких земель принадлежит бобовым культурам, ассимилирующим азот из воздуха. Улучшаются физические свойства почв и повышается их противозерозионная устойчивость при посеве на смытых почвах многолетних бобовых трав. После них в почве значительно увеличивается содержание водопрочных структурных агрегатов. С улучшением структуры почвы повышается ее водопроницаемость и влагоемкость, что способствует сокращению стока талых вод и осадков, улучшению водного режима почв. С увеличением содержания водопрочных агрегатов повышается в конечном итоге противозерозионная устойчивость почв.

При подборе культур в севообороты для склонового земледелия наряду с их почвозащитной характеристикой следует принимать во внимание роль различных культур в восстановлении плодородия смытых почв. Правильным подбором культур для возделывания на смытых почвах можно значительно повысить продуктивность эродированных почв.

## Выводы

1. Применение противоэрозионных обработок (обычная вспашка поперек склона, вспашка с щелеванием и минимальная обработка) в зернотравяном севообороте приводит к заметному снижению степени насыщенности почвы основаниями, содержания кальция, магния и  $pH_{\text{сол}}$ . Наибольшие суммарные ежегодные потери кальция (373,5 кг/га) наблюдались по фону 90N90P90K в варианте минимальной обработки на склоне крутизной 8°; наименьшие (269,9 кг/га) — при обычной вспашке с щелеванием на склоне крутизной 4°.

2. Почвозащитные технологии в зернотравяном севообороте на фоне минеральных удобрений заметно снизили содержание углерода и общего азота в почве, особенно на склоне крутизной 8°, но не повлияли на групповой состав гумуса.

3. На землях, подверженных эрозии от стока талых вод, а также от осадков, выпадающих в первую половину лета, с увеличением крутизны склонов в севооборотах целесообразно уменьшать долю пропашных культур и увеличивать долю культур сплошного сева, особенно многолетних трав.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анников А. Т., Полуэктов Е. В. Опыт внедрения противоэрозионных мероприятий. — Земледелие, 1981, № 6, с. 18—20. — 2. Беляев В. А. Борьба с водной эрозией почв в Нечерноземной зоне. — М.: Россельхозиздат, 1976. — 3. Бобрицкая М. А. Вымывание питательных элементов из пахотных почв в Нечерноземной зоне РСФСР. — Агрохимия, 1975, № 11, с. 142—153. — 4. Ванин Д. Е., Рожков А. Г., Чуян Г. А., Бойченко З. А. Природоохранное значение мероприятий по защите почв от эрозии. — Вестн. с.-х. науки, 1985, № 9, с. 24—29. — 5. Доспехов Б. А., Базилинская М. В., Шаймухаметова А. А., Афанасьева В. К. Миграция органических и минеральных веществ в почве при систематическом применении удобрений. — Изв. ТСХА, 1970, вып. 6, с. 101—108. — 6. Заславский М. Н. Эрозиоведение. Основы противоэрозионного земледелия. — М.: Высшая школа, 1987. — 7. Каштанов А. Н. Почвозащитное земледелие на склонах. — М.: Колос, 1983. — 8. Каштанов А. Н., Заславский М. Н. Почвооохранное земледелие. — М.: Россельхозиздат, 1984. — 9. Кочетов И. С. Урожайность сельскохозяйственных культур и засоренность посевов на склоновых землях в зависимости от способа их обработки. — Изв. ТСХА, 1987, вып. 1, с. 53—59. — 10. Пааников В. Д. Агротехника и погода. — Новое в жизни, науке, технике, Сер. Сельск. хоз-во, Знание. — М., 1986, № 7. — 11. Прокошев В. В., Вьюгина Т. А. Влияние минеральных удобрений на вымывание элементов питания из почвы. — В кн.: Вопр. известкования почв. — Пермь, 1976, вып. 3, с. 40—42. — 12. Трегубое П. С., Брауде И. Д., Жилко В. В. Эрозия почв и борьба с ней в районах с преобладанием стока талых вод. — В сб.: Эрозия почв и борьба с ней. — М.: Колос, 1980, с. 97—125. — 13. Шатилов И. С., Замараев А. Г., Чаповская Г. В. Водный режим почвы и потери азота со стоковыми водами в условиях Нечерноземной зоны. — Докл. ВАСХНИЛ, 1977, № 11, с. 5—7. — 14. Шильников И. А., Лебедева Л. А. Известкование почв. — М.: Агропромиздат, 1987.

*Статья поступила 25 апреля 1988 г.*

## SUMMARY

It has been found after 7 years of research in a stationary field experiment that soil protective technologies (a common one across the slope, a common one with slotting and a minimal one) on the mineral fertilizer background in grain-grass rotation result in deterioration of agrochemical soil properties (lower base saturation,  $pH$ -salt amount of calcium, magnesium, carbon and total nitrogen).