

УДК 631.51:631.416'417:631.445.24

## АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СРЕДНЕЭРОДИРОВАННОЙ ПОЧВЫ ПРИ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ ОБРАБОТКАХ И УДОБРЕНИИ В ЗЕРНОТРАВЯНОМ СЕВОБОРОТЕ

И. С. КОЧЕТОВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Результаты 10-летних исследований показали, что проблема отрицательного баланса органического вещества и элементов питания не может быть полностью решена путем внесения рекомендуемых норм минеральных удобрений и проведения почвозащитных приемов обработки почвы. Потери фосфора, калия, углерода и кальция связаны в основном с поверхностными и внутрипочвенными стоками талых вод.

Наиболее высокий агроэкономический эффект в зернотравяном севообороте достигался при поверхностной обработке почвы и вспашке со щелеванием на фоне внесения изучаемых норм минеральных удобрений и склоне крутизной 8°.

На современном этапе развития сельского хозяйства почвенные эрозионные процессы в целом остаются главным каналом потерь ресурсов плодородия и урожая, наносят большой урон экономике хозяйств и приводят к ухудшению окружающей среды [1, 2, 7, 9].

Эффективность противоэрозионных приемов обработки почв по многом зависит от того, насколько полно учитываются при их разработке агрохимические свойства эродированных почв и влияние на них обработки, удобрений, крутизны склона и культур севооборота [3—7].

Поскольку указанные вопросы не-

достаточно разработаны для Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР, нами была поставлена задача выявить влияние противоэрозионных обработок и удобрений на агрохимические свойства дерново-подзолистой среднеэродированной почвы и урожайность сельскохозяйственных культур.

### Методика

Исследования выполнены в 1980—1989 гг. в стационарном поле-вом опыте, заложенном в 1980 г. на Канаковском поле учхоза ТСХА «Михайловское» Подольского рай-

она Московской области. В опыте развернут зернотравяной севооборот во времени: овес — ячмень с подсевом многолетних трав — многолетние травы 1-го года пользования — многолетние травы 2-го года пользования — озимая пшеница. Размещение вариантов рендомизированное. Экспозиция склона южная. Изучались противоэрозионные обработки почвы (фактор А): 1 — вспашка на 20—22 см (контроль); 2 — вспашка + щелевание на 40—50 см; 3 — поверхностная обработка — лущение на глубину 8—10 см. Применялись рекомендуемые (60N60P60K) и изучаемые (90N90P90K) нормы удобрений, рассчитанные с учетом агрохимической характеристики пахотного слоя на положительный баланс (120N150P100K) питательных элементов (фактор В). Крутизна склона (фактор С) 4 и 8°.

Общая площадь делянок первого порядка ( $240 \times 23 = 5520 \text{ м}^2$ ), учетная ( $240 \times 8,4 = 2016 \text{ м}^2$ ), второго порядка — общая ( $240 \times 11,5 = 2760 \text{ м}^2$ ), учетная ( $240 \times 4,2 = 1008 \text{ м}^2$ ), третьего порядка — общая ( $120 \times 11,5 = 1380 \text{ м}^2$ ), учетная ( $120 \times 4,2 = 504 \text{ м}^2$ ). Площадь стоковых площадок 1200 м<sup>2</sup>. Для изучения внутрипочвенного стока заложены стационарные водобалансовые площадки (200 м<sup>2</sup>).

Предпосевная обработка почвы включала дискование на 8—10 см для заделки удобрений и обработку (РВК-3,6) на глубину заделки семян. Все обработки и посев вели поперек склона.

Анализы проводились по соответствующим методикам и ГОСТам. Программа исследований включала: учет поверхностного и внутрипочвенного стока, определение смыва почвы по мутности стоковой воды и объему водоросин, влажности, агрохимических показателей, содержа-

ния элементов питания и гумуса в эродированной дерново-подзолистой почве, их баланс, а также учет урожайности агроэкономической и эколого-экономической эффективности возделываемых культур. Образцы почвы отбирали по горизонтам 0—20, 20—40 см.

## Результаты

Дерново-подзолистые почвы склонов из-за особенностей механического и минералогического состава минеральной части и низкого содержания органического вещества отличаются невысоким содержанием валовых запасов фосфора (табл. 1).

Валовые запасы фосфора заметно уменьшались по обоим фонам удобрения во всех вариантах обработки, особенно по поверхностной обработке почвы и вспашке на склоне крутизной 8°.

Соотношение между содержанием органических и минеральных фосфатов также существенно изменялось. По вспашке с щелеванием на склоне крутизной 8° в слое 0—40 см содержание минеральных фосфатов было на 13,8—15,8 мг на 100 г почвы выше, чем органических. Уменьшение валового содержания фосфора в почвах изучаемых вариантов обработок по двум фонам удобрения на склоне крутизной 8° по сравнению с этим показателем в соответствующих вариантах на склоне крутизной 4° обусловлено сокращением содержания органических фосфатов за счет их минерализации, стока талых вод и смыва почвы.

Уменьшение содержания минеральных фосфатов на склоне крутизной 4° произошло за счет однозамещенных фосфатов, оксидов железа и высокоосновных фосфатов кальция, тогда как на склоне крутизной 8° — за счет оксидов железа

Таблица 1

Содержание (мг/100 г) и состав фосфатов в слое почвы 0—40 см по рекомендованному (числитель) и изучаемому (знаменатель) фоне удобрения в 1980 (исходном) и 1987 гг.

Вариант обработки	Валовое содержание фосфатов	В том числе		Состав минеральных фосфатов				высокоосновных кальция
		органических	минеральных	однозамещенных Са, Mg	двухзамещенных Са, Mg	Al	Fe	
<i>Крутизна склона 4°</i>								
Исходное состояние	132	75,5	56,5	12,3	7,8	9,8	15,2	11,4
	121	58,5	62,5	12,2	13,0	10,9	14,3	12,1
Вспашка	120	57,8	62,2	12,7	13,3	11,4	14,9	9,9
	124	65,7	58,3	10,8	12,3	11,3	13,9	10,0
То же + щелчевание	130	67,9	62,1	12,3	13,1	10,9	15,5	10,0
	123	65,3	57,7	11,3	11,0	9,8	14,7	10,9
Поверхностная	124	64,2	59,8	11,1	12,6	10,5	14,6	11,0
<i>Крутизна склона 8°</i>								
Исходное состояние	126	68,6	57,6	11,3	11,5	9,1	14,3	11,4
	107	47,8	59,2	13,1	13,4	10,0	14,6	8,1
Вспашка	108	46,2	61,8	13,0	14,9	10,5	15,4	8,0
	112	49,1	62,9	11,1	16,4	11,6	14,2	9,6
То же + щелчевание	116	50,1	65,9	13,3	15,9	10,9	14,8	11,0
	100	42,3	67,7	11,7	14,3	9,4	13,6	8,7
Поверхностная	104	44,5	59,5	12,7	14,9	10,1	13,5	8,3

Таблица 2

Суммарные потери химических элементов в зависимости от приемов обработки почвы (в среднем за 1981—1989 гг.) по фону 90N90P90K

Показатель	Крутизна склона					
	4°			8°		
	вспашка	то же + щелчевание	поверхностная обработка	вспашка	то же + щелчевание	поверхностная обработка
Потери с твердым стоком:						
смыв почвы, т/га	0,1	0,03	0,1	0,4	0,17	1,42
химических элементов, кг/га	0,4	0,4	1,04	5,9	2,3	27,0
Потери с жидким поверхностным стоком:						
воды, мм	13,2	6,8	13,9	29,8	17,6	40,6
химических элементов, кг/га	134,0	111,7	154,5	325,4	245,6	584,2
Потери с жидким внутрпочвенным стоком:						
воды, мм	0,8	1,6	0,5	3,2	5,0	2,2
химических элементов, кг/га	85,2	112,0	42,3	321,6	539,3	305,2
Потери с просачивающимися водами, кг/га	226,8	196,5	211,4	246,9	271,3	284,0
Общие потери химических элементов, кг/га	446,4	420,6	409,2	899,8	1058,5	1200,4

и высокоосновных фосфатов кальция при незначительном повышении содержания двузамещенных фосфатов кальция, магния и железа.

Уменьшение количества доступных фосфатов связано со стоком талых вод, внутрипочвенным стоком, миграцией (вымыванием в нижележащие горизонты) и смывом почвы.

Интенсификация земледелия на склоновых почвах сопровождается постоянными выносами химических элементов за пределы пахотного слоя вследствие смыва почвы, поверхностного и внутрипочвенного стока талых вод и их миграции в нижележащие горизонты (табл. 2).

Более заметное вымывание питательных веществ со смывой почвы отмечено в вариантах с почвозащитными обработками на склоне крутизной 8°. С увеличением нормы минеральных удобрений наблюдалась тенденция к возрастанию потерь питательных веществ с твердым стоком. Наибольшие потери элементов питания, особенно углерода, отмечены при поверхностной обработке почвы на склоне крутизной 8°. С увеличением нормы минеральных удобрений наблюдалась тенденция к возрастанию потерь питательных веществ с твердым стоком. Наибольшие потери элементов питания, особенно углерода, отмечены при поверхностной обработке почвы на склоне крутизной 8°. Вынос  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{HCO}_3$  и  $\text{SO}_4$  вследствие внутрипочвенного горизонтального стока невелики и не может оказать вредного влияния на окружающую среду. С поверхностным стоком гораздо больше выносятся элементов питания из пахотного слоя.

Щелчевание склоновых земель в значительной степени способствовало снижению поверхностного

стока и переводу его во внутрипочвенный, а также обогащению питательными элементами нижележащих горизонтов. При относительно малом объеме внутрипочвенного стока с ним поступает в нижележащие горизонты довольно большое количество питательных элементов, которые могут использоваться растениями в течение вегетации.

Наибольшие потери химических элементов с поверхностным стоком отмечены при вспашке и поверхностной обработке почвы на склоне крутизной 8°.

Значительные потери нитратных форм азота (48,7—62,4 кг/га) с поверхностным стоком талых вод выявлены при вспашке и поверхностной обработке почвы на склоне крутизной 8°; большие потери подвижных форм фосфора (6,9—8,2 кг/га) и калия (32,1—33,3 кг/га), ионов кальция (51,8—54,4 кг/га) и углерода (62,3—70,0 кг/га) отмечены и при поверхностной обработке почвы на склоне крутизной 8°. Все эти потери резко возрастали с увеличением крутизны склона с 4 до 8°. При этом наблюдалось преобладание кальция в поверхностно стекаемых водах и незначительное вымывание фосфора.

Вынос химических элементов с внутрипочвенным стоком колебался от 42,3 кг/га при поверхностной обработке почвы склона крутизной 4° до 539,3 кг/га при вспашке со щелчеванием на склоне крутизной 8°. В вариантах с противоэрозийными приемами обработки почвы на склоне 4° миграция химических элементов была в 2,7—5,0 раза меньше в сравнении с аналогичными вариантами на склоне 8°.

Магний вымывается водой из почвы в меньшей степени, чем кальций. В поверхностном стоке потери его на склоне крутизной 4° были

в 1,5 раза ниже. Во внутрипочвенном стоке соотношение между кальцием и магнием изменялось в широком пределе. Это связано с меньшим содержанием магния в составе обменных оснований и более энергичным его потреблением сельскохозяйственными растениями. Повышенное содержание в стоковых водах гидрокарбоната, сульфатного хлор-иона объясняется слабым газообменом и плохой их поглощаемостью почвой.

Калий и натрий слабо мигрируют по профилю почвы и гораздо меньше, чем другие элементы, вымываются.

Хотя содержание отдельных химических соединений в стоковых и просачивающихся водах было подвержено заметным колебаниям, соотношения между количеством ионов, за редким исключением, оставались постоянными: для анионов —  $\text{HCO}_3^- > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{F}_2\text{O}_5^-$ ; для катионов —  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+$ . Наиболь-

шие (1200,4 кг/га) и наименьшие (409,2 кг/га) суммарные потери химических элементов отмечены при поверхностной обработке почвы на склонах крутизной соответственно 8 и 4°.

Полученные данные позволяют заключить, что с жидкими поверхностными просачивающимися водами и внутрипочвенным горизонтальным стоком вымывается значительно больше химических элементов, чем с твердым стоком, что необходимо учитывать при планировании почвозащитных технологий обработки почвы и разработке системы удобрения для склоновых земель.

Наибольшие потери кальция из почвы связаны с его вымыванием и зависят в основном от количества выпадающих осадков (табл. 3).

Нами впервые установлено, что в условиях Центрального района самые высокие суммарные ежегодные потери кальция (345,4 кг/га) были при поверхностной обработке почвы

Таблица 3

Потери кальция (кг/га) из почвы при рекомендованных (числитель) и изучаемых (знаменатель) нормах удобрений в среднем за 1981—1989 гг.

Вариант обработки	Вымывается			Суммарные потери
	фильтрующимися осадками	поверхностным стоком	внутрипочвенным стоком	
<i>Крутизна склона 4°</i>				
Вспашка	207,3	8,7	—	216,0
	189,8	8,7	14,4	212,9
То же + щелевание	192,1	6,5	—	198,6
	162,6	8,3	17,6	168,5
Поверхностная	197,0	12,0	—	209,0
	181,4	14,5	6,9	202,8
<i>Крутизна склона 8°</i>				
Вспашка	224,2	27,5	—	251,7
	204,9	31,9	49,6	286,3
То же + щелевание	230,4	7,5	—	237,9
	233,2	19,0	85,6	337,8
Поверхностная	243,9	46,9	—	290,8
	251,7	49,1	44,6	345,4

и внесении минеральных удобрений в рекомендованных нормах на склоне крутизной 8°; наименьшие (188,5 кг/га) — при вспашке с щелчеванием по фону применения изучаемых норм удобрений на склоне крутизной 4°.

С фильтрующимися водами наибольшие потери кальция (251,9—243,9 кг/га) отмечены при поверхностной обработке почвы на склоне 8°, наименьшие (162,6 кг/га) — по фону изучаемых норм минеральных удобрений при вспашке со щелчеванием на склоне 4°. С поверхностным стоком талых вод вынос кальция был наибольшим (49,1 кг/га) по изучаемым нормам минеральных удобрений при поверхностной обработке почвы на склоне крутизной 8°, наименьший (6,5 кг/га) — по рекомендованным нормам удобрений при вспашке с щелчеванием на склоне крутизной 4°. С внутрипочвенным горизонтальным стоком максимум кальция (85,6 кг/га) выносился при вспашке с щелчеванием по фону применения изучаемых норм минеральных удобрений на склоне 8°. Наибольший вынос этого элемента с урожаем в зернотравяном севообороте отмечен в посеве многолетних трав 1-го и 2-го годов пользования при поверхностной обработке и вспашке со щелчеванием по фону изучаемых норм минеральных удобрений на склоне 4°. На долю кальция в корневых и пожнивных остатках культур зернотравяного севооборота приходится от 19,1 кг/га при вспашке по фону рекомендуемых норм удобрений на склоне 4° до 29,4 кг/га при поверхностной обработке почвы по фону изучаемых норм удобрений на склоне 8°.

Вследствие потерь кальция произошли увеличение кислотности и снижение степени насыщенности почвы основаниями. Особенности

механического и минералогического составов минеральной части и низкое содержание органического вещества обусловили малую емкость поглощения дерново-подзолистых почв склонов, в которой доля кальция из-за высокого содержания водорода и алюминия весьма незначительна. Для сохранения и воспроизводства плодородия смытых дерново-подзолистых почв необходимо, помимо внесения удобрений, периодически проводить известкование.

В интенсивном земледелии на склоновых почвах важнейшая роль в повышении их противозерозионной устойчивости принадлежит органическому веществу.

Проведение традиционной обработки почвы, составляющей основу современных зональных систем земледелия, является одной из наиболее существенных причин отрицательного баланса органического вещества в почве.

В Центральном районе Нечерноземной зоны практически отсутствуют экспериментальные данные о динамике гумуса на склоновых землях.

Сравнение изучаемых приемов противозерозионных обработок в зернотравяном севообороте показало их неодинаковое влияние на содержание общего азота, углерода и запасы органического вещества в среднесмытой дерново-подзолистой почве (табл. 4).

Применение поверхностной обработки почвы в течение 7 лет при внесении рекомендуемых и изучаемых норм минеральных удобрений на склоне 8° уменьшило запасы гумуса на 1,2—5,8 т/га по сравнению с их уровнем по обычной вспашке.

Существенно снизились запасы гумуса и в сравнении с исходным его содержанием при вспашке на склоне 4° и поверхностной обра-

ботке почвы на склоне 8° по фону изучаемых норм минеральных удобрений (разница соответственно 14,0 и 19,9 т/га).

Изучаемые почвозащитные приемы обработки почвы мало различались по содержанию общего азота и углерода в почве. Более заметное снижение общего азота и углерода наблюдалось при вспашке и поверхностной обработке почвы на склоне 8°. При вспашке с щелеванием (до 40—50 см) на склоновых землях в почву поступает большое количество растительных остатков. При этом в слое 20—40 см их заметно больше, чем при вспашке и поверхностной обработке.

Заметное снижение содержания органического вещества в дерново-подзолистой среднеэродированной

почве происходит за счет стока и смыва почвы, а также ускоренной минерализации гумуса и изъятия фитомассы с урожаем, уничтожения отдельных популяций насекомых и других представителей животного мира в связи с применением химических средств защиты растений.

На фоне семилетнего применения изучаемых и рекомендуемых норм удобрений не выявлено существенных различий влияния обработок на качественный состав гумуса. В вариантах с противоэрозионными обработками в составе гумуса при внесении изучаемых норм минеральных удобрений несколько повышалось содержание фульвокислот при одновременном уменьшении доли гуминовых кислот. По сравнению с исходным состоянием доля гуми-

Таблица 4

Содержание общего азота и показатели гумусового состояния в слое 0—40 см дерново-подзолистой почвы по рекомендованному (числитель) и изучаемому (знаменатель) фонам удобрения в 1980 (исходном) и 1987 гг. (ячмень с подсевом многолетних трав)

Вариант обработки	Запасы гумуса, т/га	Степень гумификации органического вещества	$C_{гк}:C_{фк}$	C	N	C:N
<i>Кругизна склона 4°</i>						
Исходное состояние	94,6	19,9	0,64	0,93	0,082	11,9
Вспашка	85,1	20,9	0,54	0,88	0,069	12,7
	80,6	22,6	0,58	0,84	0,072	11,6
То же + щелевание	84,6	20,5	0,54	0,88	0,071	12,4
	85,1	20,3	0,51	0,88	0,074	12,0
Поверхностная	85,2	23,7	0,60	0,87	0,072	13,0
	85,2	22,5	0,55	0,87	0,071	12,2
<i>Кругизна склона 8°</i>						
Исходное состояние	91,4	18,5	0,57	0,94	0,074	12,7
Вспашка	72,3	20,7	0,52	0,79	0,066	12,0
	75,6	19,7	0,49	0,78	0,069	11,3
То же + щелевание	79,5	19,7	0,49	0,82	0,069	12,0
	78,4	22,9	0,58	0,81	0,072	11,2
Поверхностная	71,5	21,8	0,48	0,73	0,064	11,4
	74,4	20,8	0,48	0,75	0,064	11,7

новых кислот, связанных с кальцием, возросла в 1,5—2,0 раза.

По-видимому, изменения в составе гумуса смытых почв Центрального района Нечерноземной зоны, обусловленные влиянием почвозащитных технологий обработки культур севооборота и минеральных удобрений, могут стать более заметными при более длительном периоде наблюдений, поскольку качественный состав гумуса — весьма постоянный показатель, стабильность которого зависит от многих условий почвообразования.

Для обоснования принципов прогнозирования содержания органического вещества (по углероду) и элементов питания послужили исследования, проведенные в 1980—1988 гг. в стационарном полевом опыте. Проведен учет смытой почвы, поверхностного и внутрипочвенного стока, просачивающихся осадков и содержания в них углерода, азота, фосфора, кальция и калия. Балансовые исследования свидетель-

ствуют о дефиците углерода, азота и калия при положительном балансе фосфора (табл. 5).

Дефицит гумуса (в расчете на углерод) под культурами зернотравяного севооборота колебался в среднем за 8 лет исследований от 54,0 кг/га при вспашке со щелеванием и внесении рекомендуемых норм минеральных удобрений на склоне 4° до 163,4 кг/га при поверхностной обработке и внесении изучаемых норм удобрений на склоне 8°. С увеличением крутизны склона и норм минеральных удобрений возрастает дефицит органического вещества по оцениваемым в опыте противэрозионным приемам обработки в такой последовательности: вспашка — вспашка со щелеванием — поверхностная обработка почвы.

Потери органического вещества зависят от соотношения размеров минерализации и восполнения гумуса, эффективности изучаемых почвозащитных приемов обработки

Таблица 5

Баланс элементов питания (кг/га) под культурами зернотравяного севооборота при рекомендованных (в числителе) и изучаемых (в знаменателе) нормах удобрений в среднем за 1980—1988 гг.

Вариант обработки	N	P	K	C
<i>Крутизна склона 4°</i>				
Вспашка	—43,2	+26,8	—41,9	—60,0
	—46,3	+54,3	—58,4	—74,7
То же + щелевание	—43,9	+26,1	—42,4	—54,0
	—51,6	+65,3	—14,5	—68,9
Поверхностная	—55,1	+21,0	—46,9	—59,5
	—52,9	+64,1	—15,2	—70,0
<i>Крутизна склона 8°</i>				
Вспашка	—80,1	+25,9	—47,1	—81,1
	—116,8	+62,6	—19,3	—115,5
То же + щелевание	—57,2	+26,2	—41,2	—63,3
	—107,2	+50,1	—27,0	—120,3
Поверхностная	—101,0	+22,1	—69,9	—118,5
	—106,9	+57,7	—38,4	—163,4



Таблица 6  
Урожайность культур севооборота (ц/га) при рекомендованных (числитель) и изучаемых (знаменатель) нормах удобрений

Вариант обработки	Овес, 1981 г.	Ячмень + мн. тра- ва, 1982 г.	Сено мн. трав		Оз. пшеница, 1985 г.	Овес, 1986 г.	Ячмень + мн. тра- ва, 1987 г.	Сено мн. трав		В среднем сбор основной продук- ции с 1 га, ц корм. ед.
			1-го г. п. (2 укос), 1983 г.	2-го г. п. (1 укос), 1984 г.				1-го г. п. (2 укос), 1988 г.	2-го г. п. (1 укос), 1989 г.	
<i>Крутизна склона 4°</i>										
Вспашка	28,0	25,9	92,7	73,3	39,9	34,4	41,0	56,0	39,8	34,0
	29,7	31,9	97,3	73,2	40,9	37,4	52,5	57,8	38,4	37,1
То же + щелевание	28,0	31,3	93,1	70,9	40,1	34,6	42,0	58,7	50,2	35,4
	29,7	36,9	99,9	71,8	40,9	36,8	51,6	71,7	51,0	39,0
Поверхностная	28,6	28,9	94,0	75,9	40,5	36,9	45,8	53,7	43,9	34,6
	30,5	32,9	98,9	78,2	41,4	39,4	49,8	74,1	45,0	38,6
<i>Крутизна склона 8°</i>										
Вспашка	26,8	26,3	85,8	62,9	40,9	31,2	47,0	56,7	46,4	33,9
	31,9	30,1	96,1	62,2	42,2	34,9	52,1	57,9	42,0	36,5
То же + щелевание	28,6	30,1	86,6	55,4	41,4	32,7	49,7	58,1	48,7	35,1
	34,7	35,0	95,5	61,7	42,7	37,7	58,8	65,2	54,4	39,6
Поверхностная	26,2	28,0	86,9	59,3	42,4	32,0	44,6	54,3	53,2	34,2
	33,5	31,7	94,3	61,6	43,9	33,5	51,9	66,0	49,3	37,8
НСР <sub>05</sub> по фактору А	3,32	2,81	9,10	8,94	1,22	1,50	2,80		4,10	
НСР <sub>05</sub> по фактору Б	2,82	1,53	6,90	5,47	0,50	2,80	4,20		3,40	

почвы и биологических особенностей культуры зернотравяного севооборота. Применение только одних минеральных удобрений не обеспечивало бездефицитного баланса органических веществ интенсивно используемых склонов земель.

Исследования баланса питательных веществ на склоновых землях в современных условиях интенсивного земледелия приобретают особое значение, поскольку решение проблем повышения производства сельскохозяйственной продукции все больше зависит от управления плодородием эродированных почв и эффективности воздействия на эрозионные процессы почвозащитных приемов обработки.

Баланс азота и калия в почве в малой степени зависел от почвозащитных приемов обработки почвы. Значительная часть этих элементов питания выносится с урожаями и побочной продукцией культур зернотравяного севооборота, велики их потери и с поверхностным и внутрипочвенным горизонтальным стоком, а также с просачивающимися водами. Положительный баланс фосфора связан с его малой подвижностью в форме оксидов алюминия и железа.

Проблема устранения отрицательного баланса органического вещества и элементов питания не может быть полностью решена путем внесения рекомендуемых норм минеральных удобрений и проведения почвозащитных приемов обработки почвы. Об этом свидетельствуют результаты наших исследований. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса и элементов питания растений на склоновых землях крутизной от 4 до 8° необходимо внесение всех видов органических удобрений, максимальное использование соломы, пожнивных промежуточных культур, сидератов, совершен-

ствование структуры посевных площадей с увеличением насыщения севооборотов многолетними травами и озимыми культурами [5—7].

За 9 лет в вариантах вспашки со щелеванием и поверхностной обработки почвы при применении изучаемых норм минеральных удобрений на склоне крутизной 4° продуктивность культур зернотравяного севооборота была на 1,0—1,4 и 0,4—1,5 ц корм. ед. на 1 га выше, чем при ежегодной вспашке на 20—22 см (табл. 6).

Наиболее высокий агроэкономический эффект в зернотравяном севообороте достигался при поверхностной обработке почвы и вспашке со щелеванием на фоне внесения изучаемых норм минеральных удобрений и склоне крутизной 8°.

## Выводы

1. В эродированной почве на склоновых землях соотношение между содержанием отдельных форм фосфатов может меняться в значительных размерах в зависимости от приемов обработки.

2. В среднем ежегодно почвы севооборота теряют из слоя 0—50 см фосфора 0,5—0,8 кг/га, калия — 16,8—25,2, углерода — 9,5—18,3, кальция 145,0—228,5 кг/га. В основном их потери определяются поверхностными и внутрипочвенными стоками талых вод. Установлен следующий убывающий ряд ионов по их способности к вымыванию: катионы —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{NH}_4$ , анионы —  $\text{HCO}_3 > \text{NO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{P}_2\text{O}_5$ . С учетом этих данных можно прогнозировать нормы и формы удобрений, сроки и способы их внесения.

3. За 9 лет при вспашке со щелеванием и поверхностной обработке почвы с применением изучаемых норм минеральных удобрений на склоне крутизной 4° продуктивность

культур зернотравяного севооборота была на 1,0—1,4 и 0,4—1,5 ц корм. ед. на 1 га выше, чем при ежегодной вспашке на 20—22 см. Наиболее высокий агроэкономический эффект в зернотравяном севообороте достигался при поверхностной обработке почвы и вспашке с щелеванием на фоне внесения изучаемых норм минеральных удобрений и склоне крутизной 8°.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Ванин Д. Е.* Основные направления совершенствования мер борьбы с водной эрозией почв в СССР.— В сб.: Совершенствование мер борьбы с водной эрозией. М.: Колос, 1977, с. 3—7.— 2. *Ванин Д. Е., Майоров Ю. И., Солошенко В. М.* Экономические основы оценки эффективности почвозащитных мер.— М.: Агропромиздат, 1987.— 3. *Заславский М. Н.* Эрозиоведение.— М.: Вы-

сшая школа, 1983.— 4. *Каптанов А. Н.* Почвоводоохранное земледелие.— М.: Россельхозиздат, 1984.— 5. *Каптанов А. Н.* Основные направления дальнейшего развития почвозащитного земледелия в СССР.— Земледелие, 1989, № 2, с. 3.— 6. *Кочетов И. С.* Энергосберегающая обработка почвы в Нечерноземье.— М.: Росагропромиздат, 1990.— 7. *Макаров И. П.* Совершенствование ресурсосберегающих технологий обработки почвы в зональных системах земледелия.— В сб.: Ресурсосберегающие технологии обработки почв. Курск, 1989, с. 3—9.— 8. Методические указания по проектированию противозерозионной организации территории при внутриводосточном землеустройстве в зонах проявления водной эрозии.— Мытищи, ГИЗР, 1986, с. 12.— 9. Основные итоги работы ВАСХНИЛ за 1989 год (отчет президиума академии).— М., 1990, с. 116.

*Статья поступила 31 января 1991 г.*

#### SUMMARY

The results of investigations that were conducted for 10 years have shown that the problem of negative balance in organic matter and nutrient elements cannot be fully solved by applying the recommended doses of mineral fertilizers and by carrying out soil protective practices of soil tillage. Losses of phosphorus, potassium, carbon, and calcium are mainly connected with surface and intrasoil runoff of thawing waters.

The highest agroeconomic effect in cereal-grass crop rotation was achieved using surface soil tillage and plowing with slitting on the background of applying the studied doses of mineral fertilizers and steep slope of 8°.