

УДК 631.46:631.445:631.51

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СРЕДНЕЭРОДИРОВАННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ НА СКЛОНАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ПОЧВОЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКИ

И. С. КОЧЕТОВ, В. А. МАМОНОВ, А. М. КУДРЯШОВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

В статье освещены результаты 5-летних исследований биологической активности почвы (численность микроорганизмов, интенсивность дыхания и ферментативная активность), проведенных в стационарном опыте, где изучаются эффективность противозерозионных обработок склоновых земель разной крутизны в зернотравяном севообороте. Приведены также данные о динамике содержания азота и углерода в почве за первую ротацию севооборота и данные об урожае.

В Центральном районе Нечерноземной зоны РСФСР основным путем предотвращения эрозионных процессов пахотных земель является применение более совершенных почвозащитных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. При этом значительная роль отводится противозерозионным обработкам почвы: щелеванию, чизелеванию, минимальным обработкам. Однако влияние их на плодородие эродированных дерново-подзолистых почв и урожайность сельскохозяйственных культур еще не получило всесторонней оценки [1, 4, 5, 6, 8, 11, 12].

В данной работе приводятся результаты определения биологической активности почвы на склонах разной крутизны, содержания в почве углерода и азота, а также урожайность сельскохозяйственных культур зернотравяного севооборота в полевом стационарном опыте, в котором изучается эффективность применения почвозащитных технологий.

### Методика

Полевой стационарный 3-факторный опыт заложен в 1980 г. методом расщепленных делянок на Конаковском поле учхоза ТСХА «Михайловское». Исследования проводили в 5-польном севообороте со следующим чередованием культур: овес — ячмень с подсевом многолетних трав — многолетние травы 1-го года пользования — многолетние травы 2-го года пользования — озимая пшеница. В опыте изучалось 2 фона удобрения: 60N60P60K — рекомендуемые нормы, 90N90P90K — изучаемые, в дальнейшем 60 (NPK) и 90(NPK). Крутизна склонов 4 и 8°. Варианты обработки почвы: обычная, обыч-

ная с щелеванием и минимальная. Подробно схема опыта дается в работе [7].

Биологическую активность почвы, содержание углерода и общего азота определяли по методике, принятой в отечественных научно-исследовательских учреждениях [2, 9, 10, 13], урожай — методом сплошной уборки с пересчетом на чистое зерно 14 % влажности или сено многолетних трав 16 % влажности. Полученные материалы обрабатывали методом дисперсионного анализа [3]. В этом сообщении приводятся данные по первой ротации севооборота (1981—1985 гг.).

### Результаты

Наиболее универсальным показателем биологической активности почвы является продуцирование ею  $\text{CO}_2$ . Считается, что оно достаточно точно отражает эффективное плодородие эродированной почвы.

Дыхание почвы в начале вегетации озимой пшеницы (весной) было заметно интенсивнее, чем перед уборкой в августе; эти различия более контрастны по вариантам обработки на склоне крутизной 8° (табл. 1).

**Интенсивность продуцирования CO<sub>2</sub> почвой по слоям 0—20 и 20—40 см  
(мг на 100 г в 1 ч) в конце первой ротации севооборота\*  
(озимая пшеница, 1980 г.)**

Вариант обработки почвы	60 (NPK)				90(NPK)			
	май		август		май		август	
	0—20	20—40	0—20	20—40	0—20	20—40	0—20	20—40
Крутизна склона 4°								
Обычная	0,241	0,042	0,162	0,037	0,192	0,051	0,152	0,055
То же + щелевание	0,327	0,055	0,262	0,043	0,265	0,061	0,185	0,050
Минимальная	0,264	0,060	0,132	0,016	0,254	0,055	0,133	0,047
Крутизна склона 8°								
Обычная	0,233	0,051	0,094	0,061	0,188	0,048	0,121	0,037
То же + щелевание	0,282	0,085	0,108	0,050	0,283	0,119	0,126	0,028
Минимальная	0,249	0,048	0,121	0,035	0,255	0,037	0,138	0,016

\* В год закладки опыта при крутизне склона 4° в слое 0—20 см продуцировалось 0,143 мг CO<sub>2</sub> на 100 г в 1 ч, в слое 20—40 см — 0,041 мг; при крутизне склона 8° — соответственно 0,134 и 0,008 мг CO<sub>2</sub>.

Максимальная интенсивность дыхания почвы отмечена в варианте обычной вспашки с щелеванием по обоим фонам удобрения. Пятилетнее применение минеральных удобрений в зернотравяном севообороте существенно сказалось на интенсивности газообмена. К концу первой ротации продуцирование почвой CO<sub>2</sub> было существенно больше, чем перед закладкой опыта, особенно в варианте обычной вспашки с щелеванием.

Дыхание почвы (как показатель общей биологической активности) зависит не только от деятельности почвенных микроорганизмов, но и от ее ферментативной активности (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что противоэрозионные обработки, внесение удобрений и пятилетняя ротация культур зернотравяного севооборота оказали заметное положительное влияние на активность ферментов. Наибольшая активность протеазы (30,4—26,5 мг аммиачного азота на 100 г почвы), уреазы (7,08—6,20 мг NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), инвертазы (2,47—2,04 мг глюкозы) отмечена в варианте минимальной обработки в слое 0—20 см на обоих склонах. Применение щелевания на склоне 8° повысило активность уреазы, фосфатазы, инвертазы по отношению к вариантам с обычной обработкой. Возросла биологическая активность подпахотного горизонта.

Активность протеазы, уреазы, фосфатазы, инвертазы и полифенолоксидазы в конце первой ротации севооборота в большинстве случаев превышала значения соответствующих показателей перед закладкой опыта (1980 г.); особенно контрастные различия отмечены на склоне крутизной 8°. Повышение норм удобрений мало влияло на ферментативную активность почвы. В пахотном слое 0—20 см она была в 1,5—2 раза выше, чем в слое 20—40 см.

Изучаемые в опыте противоэрозионные обработки и фоны удобрений оказали различное влияние на видовой состав микроорганизмов (табл. 3).

На склоне крутизной 4° численность микроорганизмов на КАА и среде Эшби в варианте обычной вспашки с щелеванием была несколько больше, чем в двух других вариантах; при крутизне склона 8° большее количество микроорганизмов обнаружено в слое 0—20 см варианта минимальной обработки. Существенных различий в численности микроорганизмов по фонам удобрений не выявлено. Увеличение крутизны склона до 8° не оказало заметного влияния на этот показатель.

По мере окультуривания почвы возрастало количество бактерий, использующих минеральный азот (микроорганизмы на КАА), и повышалась биогенность подпахотного слоя 20—40 см в варианте обычной

Ферментативная активность почвы по слоям 0—20 см (в числителе)  
и 20—40 см (в знаменателе) в конце первой ротации севооборота  
(озимая пшеница, 1985 г.)

Вариант обработки почв и фон улобления	Уреаза, мг $\text{NH}_4^+$ за 3 ч	Протеаза, мг аммиач- ного азота за 20 ч	Фосфатаза, мг $\text{P}_2\text{O}_5$ за 1 ч	Инвертаза, мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч	Полифенол- оксидаза, мг бензохи- нона на 5 г почвы за 3 ч
	на 100 г почвы				
Крутизна склона 4°					
Исходное состояние, 1980 г.	5,44 <u>1,44</u>	25,6 <u>7,1</u>	2,43 <u>1,17</u>	2,17 <u>0,13</u>	0,11 <u>0,05</u>
Обычная:					
60 (NPK)	6,12 <u>1,24</u>	24,6 <u>17,5</u>	2,96 <u>1,45</u>	2,23 <u>0,42</u>	0,25 <u>0,10</u>
90 (NPK)	5,24 <u>2,08</u>	21,4 <u>11,7</u>	2,81 <u>0,87</u>	1,88 <u>0,42</u>	0,19 <u>0,10</u>
То же + щелевание:					
60 (NPK)	6,08 <u>1,88</u>	24,8 <u>18,9</u>	2,72 <u>0,70</u>	2,15 <u>0,33</u>	0,24 <u>0,07</u>
90 (NPK)	6,16 <u>2,28</u>	26,2 <u>15,4</u>	2,50 <u>0,87</u>	2,06 <u>0,61</u>	0,21 <u>0,08</u>
Минимальная:					
60 (NPK)	7,04 <u>2,64</u>	26,5 <u>13,7</u>	3,13 <u>1,52</u>	2,47 <u>0,41</u>	0,22 <u>0,08</u>
90 (NPK)	7,08 <u>3,08</u>	30,4 <u>13,1</u>	3,20 <u>1,02</u>	2,35 <u>0,62</u>	0,29 <u>0,11</u>
Крутизна склона 8°					
Исходное состояние, 1980 г.	4,72 <u>1,20</u>	20,3 <u>6,2</u>	1,69 <u>0,08</u>	1,69 <u>0,07</u>	0,13 <u>0,01</u>
Обычная:					
60 (NPK)	5,34 <u>2,72</u>	26,4 <u>14,8</u>	1,76 <u>0,52</u>	1,66 <u>0,69</u>	0,22 <u>0,09</u>
90 (NPK)	6,00 <u>2,84</u>	23,7 <u>11,6</u>	1,83 <u>0,59</u>	1,98 <u>0,47</u>	0,22 <u>0,10</u>
То же + щелевание:					
60 (NPK)	6,20 <u>3,12</u>	26,1 <u>15,0</u>	1,96 <u>0,80</u>	1,97 <u>0,68</u>	0,23 <u>0,13</u>
90 (NPK)	5,96 <u>2,88</u>	22,3 <u>14,7</u>	1,90 <u>0,69</u>	2,00 <u>0,61</u>	0,22 <u>0,08</u>
Минимальная:					
60 (NPK)	6,20 <u>2,24</u>	24,6 <u>13,6</u>	1,58 <u>0,55</u>	2,04 <u>0,32</u>	0,29 <u>0,07</u>
90 (NPK)	6,20 <u>2,28</u>	26,5 <u>10,6</u>	1,72 <u>0,31</u>	2,03 <u>0,13</u>	0,23 <u>0,07</u>

вспашки с щелеванием. Количество микроорганизмов на КАА, МПС и на среде Эшби заметно увеличилось за ротацию севооборота; напротив, численность актиномицетов на КАА и грибов на среде Чапека несколько снизилась, причем в большей мере в вариантах противоэрозионных обработок при крутизне склона 4°.

Активность микроорганизмов, как известно, зависит от содержания в почве органического вещества. Поэтому важно знать, как влияют на него почвозащитные технологии. Механическая обработка является одним из наиболее сильных факторов, определяющих отрицательный баланс органического вещества почвы. Особенно заметно ее отрицательное воздействие на дерново-подзолистые почвы склоновых земель (табл. 4).

Таблица 3

Численность микроорганизмов (на 1 г абсолютно сухой почвы)  
в конце первой ротации севооборота (озимая пшеница, 1985 г.)  
по слоям 0—20 см (в числителе) и 20—40 см (в знаменателе)

Вариант обработки почвы и фон удобрения	Микроорганизмы					Актиномицеты на КАА, млн.
	на МПА, млн.	на КАА, млн.	на МПС, млн.	грибы на среде Чапека, тыс.	на среде Эшбы, млн.	
Крутизна склона 4°						
Исходное состояние, 1980 г.	7,68	12,96	0,19	18,0	15,36	0,72
	6,96	8,04	0,12	8,4	13,68	0,36
Обычная:						
60 (NPK)	3,52	18,42	0,81	17,4	15,78	0,45
	4,74	14,90	0,25	5,4	29,57	0,12
90 (NPK)	4,90	11,76	0,57	19,8	15,42	0,42
	3,84	20,64	0,13	6,0	12,84	0,21
То же + щелевание:						
60 (NPK)	4,68	26,52	0,68	16,2	27,72	0,56
	3,24	15,36	0,20	14,6	14,60	0,13
90 (NPK)	3,24	37,98	0,43	7,8	27,24	0,42
	3,62	19,68	0,22	3,0	17,34	0,30
Минимальная:						
60 (NPK)	2,04	17,28	0,54	21,6	17,46	0,45
	4,97	17,40	0,49	6,3	15,67	0,19
90 (NPK)	1,68	20,26	0,54	17,4	24,60	0,42
	6,54	5,40	0,36	6,6	16,50	0,18
Крутизна склона 8°						
Исходное состояние, 1980 г.	6,84	12,72	0,21	10,8	9,00	0,36
	6,12	7,80	0,10	2,4	5,88	0,12
Обычная:						
60 (NPK)	4,32	22,62	0,64	17,9	19,5	0,42
	4,86	23,10	0,15	3,9	8,7	0,36
90 (NPK)	2,16	28,38	0,48	33,3	25,0	0,42
	3,54	18,89	0,13	6,5	20,7	0,18
То же + щелевание:						
60 (NPK)	2,94	20,25	0,56	14,1	22,02	0,50
	5,70	23,88	0,20	6,6	18,42	0,15
90 (NPK)	6,66	21,18	0,72	14,7	25,26	0,42
	4,40	19,26	0,33	5,4	20,16	0,18
Минимальная:						
60 (NPK)	6,06	33,72	0,64	14,4	33,72	0,54
	2,82	21,54	0,39	10,2	22,74	0,12
90 (NPK)	5,10	25,72	0,84	17,4	24,12	0,63
	1,16	20,32	0,33	7,8	28,68	0,18

К концу первой ротации 5-польного зернотравяного севооборота снизилось содержание углерода в слое почвы 0—40 см, особенно в вариантах обычной и минимальной обработок на склоне крутизной 8° (соответственно на 0,10—0,13 и 0,14—0,15 %). На склоне 4° отмечено небольшое снижение содержания углерода и общего азота во всех изучаемых вариантах. Это снижение связано со смывом почвы, а также с миграцией углерода и азота с поверхностным и внутриверхневым стоком талых вод. На склоне крутизной 8° снижение содержания общего азота наблюдалось в варианте минимальной обработки. Соотношение С : N уменьшалось по обычной и минимальной обработкам на склоне 8° и несколько увеличивалось во всех вариантах на склоне 4°. Удобрения не оказывали заметного влияния на изменение содержания в почве углерода и общего азота.

Действие противоэрозионных обработок и удобрений на урожай овса и ячменя мало зависело от крутизны склона (табл. 5).

Содержание углерода и общего азота (%) в слое почвы 0—40 см в конце первой ротации севооборота

Вариант обработки почвы	С		N		C:N	
	60 (NPK)	90 (NPK)	60 (NPK)	90 (NPK)	60 (NPK)	90 (NPK)
Крутизна склона 4°						
Исходное состояние, 1980 г.	0,98		0,082		11,9	
Обычная	0,95	0,92	0,074	0,075	12,8	12,3
То же + щелевание	0,95	0,96	0,078	0,078	12,2	12,3
Минимальная	0,95	0,94	0,078	0,076	12,2	12,4
Крутизна склона 8						
Исходное состояние, 1980 г.	0,94		0,074		12,7	
Обычная	0,84	0,81	0,071	0,074	11,8	10,9
То же + щелевание	0,90	0,91	0,072	0,075	12,5	12,1
Минимальная	0,79	0,8	0,068	0,068	11,6	11,8

Наивысший урожай овса (34,7 д/га) получен в варианте обычной вспашки с щелеванием по 90 (NPK) на склоне 8°, наименьший (26,2—26,8 ц/га) — в вариантах минимальной и обычной обработок при 60 (NPK) на склоне 8°.

При увеличении норм удобрений с 60 (NPK) до 90 (NPK) прибавки урожая овса колебались по вариантам обработок от 1,7 до 7,3; ячменя — от 3,7 до 6,0 ц/га. Несколько большая эффективность удобрений отмечена в варианте обычной вспашки с щелеванием.

Сбор сена многолетних трав 1-го года пользования в условиях 1983 г. существенно не различался по вариантам обработок, хотя и наблюдалась тенденция к его возрастанию в вариантах обычной вспашки с щелеванием и минимальной обработки при крутизне склона 4°. Напротив, в условиях 1984 г. (2-й год пользования) значение этого показателя в варианте обычной вспашки с щелеванием оказалось ниже, чем в других вариантах, по обоим фонам удобрения. Это объясняется повреждением корневой системы растений при проведении щелевания в период наступления первых устойчивых заморозков, когда почва уже промерзла на глубину 3—5 см.

В условиях 1985 г. противоэрозионные обработки не оказали существенного влияния на урожай зерна озимой пшеницы. Увеличение уро-

Таблица 5

Урожайность сельскохозяйственных культур (ц/га)

Вариант обработки почвы и фон удобрения	Овес		Ячмень		Многолетние травы				Оз. пшеница	
					1-го г. п. (2 укоса)		2-го г. п. (1 укос)			
	4°	8°	4°	8°	4°	8°	4°	8°	4°	8°
Обычная:										
60 (NPK)	28,0	26,8	25,9	26,3	92,7	85,8	73,3	62,9	39,9	40,9
90 (NPK)	29,7	31,9	31,9	30,1	97,3	96,1	73,2	62,2	40,9	42,2
То же + щелевание:										
60 (NPK)	28,0	28,6	31,3	30,1	93,1	86,6	70,9	55,4	40,1	41,4
90 (NPK)	29,7	34,7	36,9	35,0	99,9	95,5	71,8	61,7	40,9	42,7
Минимальная:										
60 (NPK)	28,6	26,2	28,9	28,0	94,0	86,9	75,9	59,3	40,5	42,4
90 (NPK)	30,5	33,5	32,9	31,7	98,9	94,3	78,2	61,1	41,4	43,9
НСР <sub>05</sub> по обработкам	3,32		2,81		9,10		8,94		1,22	
НСР <sub>05</sub> по удобрениям	2,82		1,53		6,90		5,47		0,50	

жайности в варианте минимальной обработки на 1,5—1,7 ц/га по сравнению с ее уровнем при обычной вспашке объясняется дополнительным проведением в этом варианте чизелевания на глубину 38—40 см (усиление почвозащитной роли минимальной обработки) при подъеме пласта многолетних трав 2-го года пользования.

Незначительную эффективность повышения норм удобрений с 60 (NPK) до 90 (NPK) в посевах озимой пшеницы можно объяснить полеганием растений, вызванным разовым, а не дробным внесением азота. Малый эффект обычной вспашки с щелеванием связан с гибелью части растений из-за разрыва корневи системы (о причинах этого говорилось выше). Отсюда следует необходимость уточнения сроков и способов щелевания дерново-подзолистых почв на склонах при выращивании многолетних трав и озимой пшеницы. Эффективность минеральных удобрений в посевах многолетних трав (особенно 2-го года пользования) и озимой пшеницы заметно ниже, чем в посевах овса и ячменя.

Таким образом, результаты наших исследований позволяют рекомендовать для хозяйств Нечерноземной зоны РСФСР применение на склоновых землях противоэрозионных обработок (щелевание и минимальной) на фоне 90 (NPK) в зернотравяном севообороте под посевы яровых зерновых культур — овса и ячменя.

## Выводы

1. Применение почвозащитных обработок и внесение удобрений в течение первой ротации севооборота обеспечили повышение биологической активности почв.
2. Интенсивность дыхания и ферментативная активность почвы в вариантах минимальной обработки и обычной вспашки с щелеванием были выше, чем при обычной вспашке поперек склона.
3. За ротацию 5-польного севооборота на фоне внесения минеральных удобрений произошло снижение содержания углерода и азота в почве, особенно заметное — на склоне крутизной 8° в вариантах минимальной обработки и обычной вспашки поперек склона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев В. А. Борьба с водной эрозией почв в Нечерноземной зоне.—М.: Россельхозиздат, 1976. — 2. Возбуждая А. Е. Химия почвы. — М.: Высшая школа, 1968. — 3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985. — 4. Заславский М. Н. Эрозия почв. — М.: Мысль, 1979. — 5. Каштанов А. Н. Почвозащитное земледелие на склонах. — М.: Колос, 1983. — 6. Кобозев И. В., Барановский А. Б., Пеньков М. С. Роль многолетних трав в борьбе с водной эрозией почв на склонах. — Изв. ТСХА, 1987, вып. 3, с. 28—39. — 7. 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. — 8. Лидов В. П. Процессы водной эрозии в зоне дерново-подзолистых почв. — М.: Изд-во МГУ, 1981. — 9. Мишустин Е. П., Петрова А. П. Определение биологической активности почвы. — Микробиология, 1963, вып. 3, с. 479—484. — 10. Свиженец А. З., Банкин М. П. Особенности определения продуцирования углекислого газа почвой газохроматографическим методом. — Вестн. ЛГУ. Биология, 1978, вып. 4, № 21, с. 141. — 11. Сурмач Г. П. Водная эрозия и борьба с ней. — Л.: Гидрометеиздат, 1976. — 12. Трегубо в П. С. Почвозащитные мероприятия на склоновых землях Нечерноземной зоны РСФСР. — В сб.: Почвозащитное земледелие на склонах. — М.: Колос, 1983. — 13. Хазиев Ф. К. Ферментативная активность почв. — М.: Наука, 1976.

*Статья поступила 25 августа 1987 г.*

## SUMMARY

It is found in a stationary field experiment that as a result of applying soil-protection treatments and fertilizers to crops of 5-course grain-grass rotation, biological activity of the soil (breathing intensiveness and enzymatic activity) became higher. It is noticed also that slitting produces desirable effect on carbon and nitrogen content, especially on the slope of 8°.