

УДК 631.459:631.51.01:631.311

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ, СНИЖАЮЩЕГО ВОДНУЮ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ЭРОЗИЮ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

Соколов Н.М., Стрельцов С.Б., Худяков В.В., Либерцев С.А., Покусаев П.А.

ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока», Саратов, e-mail: ariser@yandex.ru

На основании анализа основных факторов, влияющих на интенсивность водной и технологической (механической) эрозии на склоновых землях, усовершенствован процесс противозерозионной обработки почвы, обеспечивающий восстановление верхнего плодородного слоя по толщине, за счет возврата, ранее смещенного по склону водной и технологической эрозией верхнего плодородного почвенного слоя. Представленные исследования проводились в трехкратной повторности, по общепринятым отраслевым стандартам и разработанным методикам, на агрофонах типичных для Поволжья. Проведенными лабораторно-полевыми исследованиями установлено, что на участках по стерне яровой пшеницы, при влажности почвы 15,1 и 21,5%, применение разработанного технологического процесса обработки обеспечивает создание на поверхности пашни, одновременно с основной обработкой почвы, гребне-стерневых кулис, путем подрезания лемешно-подрезающими рабочими органами орудия и смещения вверх по склону подрезанного слоя почвы с растительными остатками. Это позволяет за одну обработку произвести перенос (возврат) вверх по склону 145–190 т/га ранее смытой плодородной почвы на расстояние до 0,35 м и за счет образованного противозерозионного микрорельефа сократить интенсивность водной и технологической эрозии. Основные агротехнические показатели, полученные в полевых условиях, соответствуют требованиям, предъявляемым к обработке почв, подверженных эрозии. Предварительными исследованиями установлено, что применение технологического процесса компенсационной обработки почвы позволит снизить энергозатраты на основной обработке почвы и сократить потери почвенных и водных ресурсов. Предлагаемая обработка почвы может применяться на склоновых полях с уклоном до 8° на зяби и весенне-летних обработках паровых полей.

**Ключевые слова:** водная и технологическая эрозия, технологический процесс, компенсационная обработка почвы, противозерозионная кулиса, агротехнические показатели

## IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF SOIL TREATMENT FOR DECREASING WATER AND TECHNOLOGICAL EROSION ON SLOPE LANDS

Sokolov N.M., Streltsov S.B., Khudyakov V.V., Libertsev S.A., Pokusaev P.A.

NIISH South-East, Saratov, e-mail: ariser@yandex.ru

Based on the analysis of the main factors affecting the intensity of water and technological (mechanical) erosion on the slopes, the process of anti-erosion treatment of the soil has been improved, ensuring the restoration of the upper fertile layer in thickness due to the return of the upper fertile soil layer previously displaced along the slope. The presented studies were carried out in triplicate according to generally accepted industry standards and developed methods on agricultural backgrounds typical for the Volga region. Conducted laboratory and field studies showed that in areas of stubble plot of spring wheat, with soil moisture of 15.1 and 21.5%, the application of the developed technological process of processing ensures the formation on the field surface, simultaneously with the soil processing, soil ridges and stubble, by cutting soil ploughshare and moving up the slope. This allows to transfer (return) on the slope of 145-190 tons of soil per hectare of previously washed fertile soil to a distance of up to 0.35 m and, due to the formed erosion-resistant microrelief, to reduce the intensity of water and technological erosion. The main agrotechnical indicators obtained in the field meet the requirements for tillage on the slopes. Preliminary studies have established that the use of the technological process of compensatory tillage will reduce the energy consumption for the main tillage and reduce the loss of soil and water resources. The proposed tillage can be applied on fields with a slope of up to 8°, on winter tillage and spring-summer treatments of steam fields.

**Keywords:** water and technological erosion, technological process, compensatory tillage, anti-erosion scenes, agrotechnical indicators

Активное проявление эрозионных процессов на склоновых землях приводит к разрушению почвенного покрова, снижению плодородия обрабатываемых земель и загрязнению окружающей среды. В таких условиях процесс эрозии протекает под действием водной и технологической (механической) эрозии, которые, как правило, усиливают друг друга. В итоге происходит ежегодное постепенное сползание вниз по склону верхнего слоя почвы. Результат такого перемещения почвы под действием рабочих органов машин, силы гравитации

и кинетической энергии водных потоков хорошо виден весной. Все вершины склоновых полей имеют более светлую или бурую окраску [1–3].

Результаты исследований показывают, что на склоновых землях ежегодно теряется около 50% зимних осадков и до 10 т/га почвы. Основной причиной потери почвенных и водных ресурсов является то, что при обработке почвы существующими техническими средствами не создаются условия для регулирования стока, который является первопричиной водной эрозии [4].

Цель исследования: повышение качества основной противоэрозионной обработки, за счет разработки технологического процесса и технических средств для компенсационной обработки почвы, обеспечивающих снижение водной и технологической эрозии на склонах.

#### Материалы и методы исследования

Исследования проводились согласно отраслевым стандартам: ГОСТ 20915-75. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний; СТО АИСТ 4.2-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки показателей; ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки; ГОСТ Р 54783-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Основные положения. Так же по разработанным частным методикам в трехкратной повторности на агрофонах, характерных для зоны Поволжья.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Известно, что процесс эрозии на склонах во многом зависит от типа почв, климатических особенностей зоны, рельефа местности, а также приемов и интенсивности обработки почвы. Эти основные факторы можно разделить на три группы (рис. 1).

К первой группе относятся постоянные факторы, которые независимо от применяемой технологии не меняются во времени. Особенность неуправляемых факторов заключается в том, что они зависят от климатических особенностей зоны, поэтому эти факторы каждый год могут принимать совершенно различные величины. Третья группа управляемых факторов, как и первые две группы, оказывают большое влияние на процесс водной и технологической эрозии. Особенностью этих факторов является то, что их можно изменить в широких пределах применяя для этого, например, различные рабочие органы и приемы обработки почвы.



Рис. 1. Схема основных факторов, влияющих на эрозионный процесс на склоновых землях

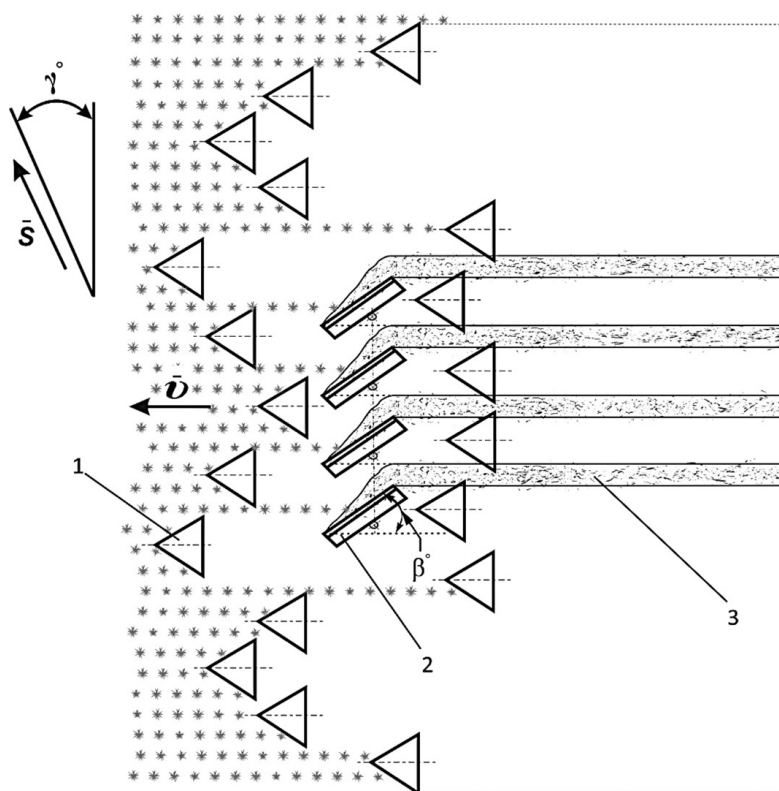


Рис. 2. Схема процесса компенсационной обработки почвы (1 – рыхляще-подрезающие лапы, 2 – лемешно-подрезающие рабочие органы, 3 – гребне-стерневая кулиса,  $\vec{v}$  – направление движения агрегата,  $\vec{S}$  – направление перемещения пожнивных остатков и почвы,  $\gamma^\circ$  – уклон поля,  $\beta^\circ$  – угол атаки режущей кромки – односторонних лемешно-подрезающих рабочих органов)

В производстве в данное время склоновые земли обрабатывают поперек склона плугами или орудиями с безотвальными органами. Это позволяет в определённых условиях снизить частично только водную эрозию. Применение оборотных плугов на смытых склоновых участках является неэффективным ввиду того, что при вспашке происходит вынос на поверхность поля менее плодородной почвы, а выровненная рыхлая поверхность поля при этом легко размывается водными потоками.

Неразрывная связь основных факторов, влияющих на водную и технологическую эрозию, говорит о том, что задачу сохранения почвенных и водных ресурсов надо решать комплексно. Для этого в НИИСХ Юго-Востока усовершенствован технологический процесс и орудие для выполнения компенсационной обработки почвы (рис. 2) [5, 6].

Его отличительная особенность заключается в том, что при основной обработке почвы на поверхности поля образуется микрорельеф в виде чередующихся

противоэрозионных кулис, разделяющих склоновый участок поля на множество элементарных замкнутых участков. Такое размещение кулис позволяет внутри созданных замкнутых участков предотвратить возникновение нарастающего потока воды и процесса эрозии.

Противоэрозионные гребне-стерневые кулисы 3 формируют путем подрезания рабочими органами 2 орудия верхнего слоя почвы с пожнивными остатками и смещения вверх по склону подрезанного 3–6-ти сантиметрового слоя почвы с растительными остатками постоянно вверх по склону. В результате технологического процесса выполняется сплошная обработка почвы рыхляще-подрезающими лапами 1 и восстановление верхнего плодородного слоя по толщине, за счет возврата, ранее смещённого по склону водной и технологической эрозией верхнего плодородного почвенного слоя. Данный способ обработки можно применять как на зяби, так и на обработке паровых полей в весенне-летний период.

Проверка эффективности предлагаемой компенсационной обработки почвы и оптимизация конструктивных и технологических параметров основных органов экспериментального орудия проводились в лабораторно-полевых условиях. Влажность почвы на участках после уборки яровой пшеницы составляла: первый вариант  $W = 15,1$ ; второй вариант  $W = 21,5\%$ , на склоновом участке с уклоном  $\gamma$  от  $1$  до  $8^\circ$  (рис. 3).

В ходе исследований было отмечено, что при влажности  $W = 15,1\%$  односторонние лемешно-подрезающие рабочие органы при

установленной глубине обработки  $h = 3$  см не обеспечивали равномерное заглубление в почву. С увеличением глубины хода лемешно-подрезающих рабочих органов до  $h = 5-6$  см равномерность их хода становилась устойчивой, образуемая гребне-стерневая кулиса имела постоянные параметры по высоте и ширине. Масса одного погонного метра образуемой и перемещенной вверх по склону кулисы  $Q$  в зависимости от влажности почвы  $W$  изменялась от 22 до 30 кг на один погонный метр кулисы (кг/п.м), что соответствует 145–190 т/га перемещенной вверх по склону почвы за одну обработку.

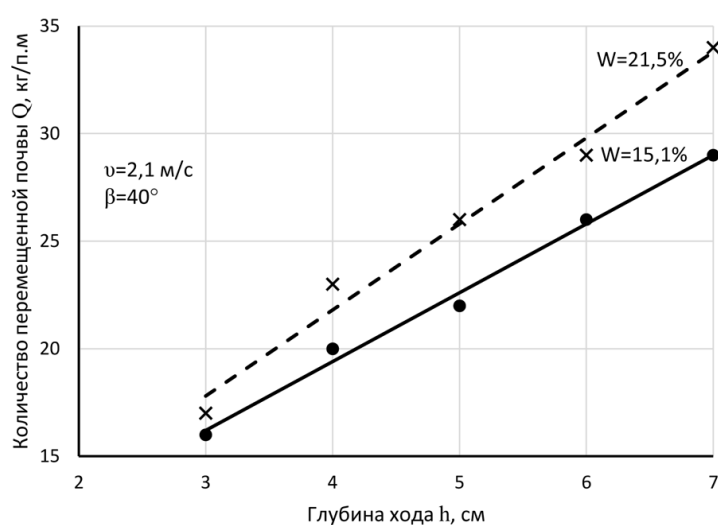


Рис. 3. Зависимость количества перемещенной почвы –  $Q$  вверх по склону от глубины хода –  $h$  лемешно-подрезающих рабочих органов и влажности почвы –  $W$

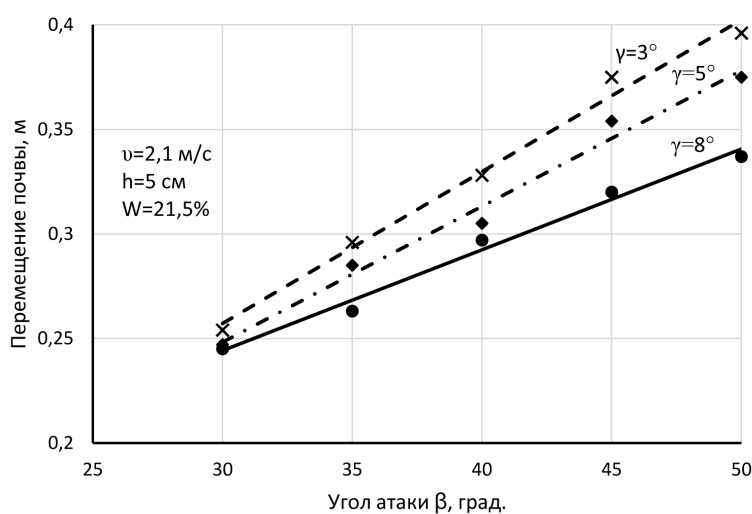


Рис. 4. Влияние угла атаки –  $\beta$  лемешно-подрезающих рабочих органов и уклона поля –  $\gamma$  на величину перемещения почвы вверх по склону

Величина перемещения вверх по склону подрезанной почвенно-стерневой массы определялась на участках с уклоном  $\gamma$  равным  $3^\circ$ ,  $5^\circ$  и  $8^\circ$  (рис. 4). В зависимости от угла атаки  $\beta$  режущей кромки – односторонних лемешно-подрезающих рабочих органов перемещение подрезанного верхнего слоя почвы на уклоне  $\gamma = 3^\circ$  изменялось от 0,25 м при  $\beta = 30^\circ$  до 0,39 м при  $\beta = 50^\circ$ . На уклоне  $\gamma = 8^\circ$  величина перемещения при тех же углах атаки  $\beta$  составляла 0,24 м и 0,34 м. В ходе эксперимента отмечалось сгруживание перемещаемой почвенно-стерневой массы, при углах атаки  $\beta$  более  $45^\circ$ , это приводило к нарушению технологического процесса.

Основные результаты агротехнических и эксплуатационно-технологических показателей работы орудия для компенсационной обработки почвы представлены в табл. 1 и 2.

При проведении испытаний средняя скорость движения агрегата на зяблевой обработке составила 7,2 км/ч, средняя глубина обработки рыхляще-подрезающими лапами при этом была равна 0,151 м. Производительность экспериментального агрегата за один час составила 4,3 га/ч, удельный расход топлива при этом был равен 8,5 кг/га. На об-

работке парового поля, при средней глубине обработки 0,082 м, производительность агрегата равнялась 5,5 га/ч, удельный расход топлива при этом составил 5,9 кг/га.

Предварительными исследованиями установлено, что применение технологического процесса компенсационной обработки почвы, за счет минимизации, позволит уменьшить энергетические затраты на обработку почвы до 20...30%, увеличить запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы до 10...15%, а также сократить поверхностный сток во время снеготаяния и при ливневых осадках до 40% и потери верхнего плодородного слоя в 1,5...2,5 раза в сравнении с традиционными технологиями.

### Выводы

1. Создание на поверхности пашни гребне-стерневых кулис путем подрезания и смещения вверх по склону подрезанного 3–6-ти сантиметрового слоя почвы с растительными остатками позволяет за одну обработку произвести перенос (возврат) вверх по склону 145–190 т/га ранее смытой плодородной почвы на расстояние до 0,35 м и сократить интенсивность водной и технологической эрозии.

Таблица 1

Показатели агротехнической оценки

Показатели	Техническое задание	Экспериментальные данные	
		Обработка зяби	Обработка паров
Состав агрегата	Класс трактора 30–40 кН	Т-150К + орудие	
Вид работ		Обработка зяби	Обработка паров
Скорость движения агрегата, км/ч	до 10	7,2	9,1
Ширина захвата агрегата, м	6,00 ± 0,05	6,00	6,00
Глубина обработки почвы рыхляще-подрезающими лапами, м	До 0,16	0,151	0,082
Среднее квадратическое отклонение от глубины обработки, ±м	0,015	0,012	0,013
– величина подрезания почвы со стерней лемешно-подрезающими органами, м	0,03–0,06	0,052	0,045
Крошение почвенного пласта, %, размер комков менее 0,05 м	≥50,0	68,3	82,8
Количество противоэрозионных кулис, создаваемых за проход агрегата, шт.	4	4	4
Размеры создаваемых кулис, м			
– по ширине	0,25...0,38	0,345	0,313
– по высоте	0,08...0,17	0,118	0,104
Перемещение верхнего слоя почвы вверх по склону, м	Не менее 0,25	0,31	0,34
Подрезание сорняков, %	100	100	100
Содержание эрозионно-опасных частиц в верхнем 5-см слое	Не должно увеличиваться	Не увеличивалось	Не увеличивалось
Нарушение технологического процесса	Не допускается	Отсутствовало	Отсутствовало

Таблица 2

Результаты технико-эксплуатационной оценки орудия

Показатели	Значение показателей:		
	Техническое задание	Экспериментальные данные	
Состав агрегата	Класс трактора 30–40 кН	Т-150К + орудие	
Вид работ		Обработка зяби	Обработка пара
– скорость агрегата, км/ч	до 10	7,2	9,1
– конструкционная ширина захвата, м	6,00 ± 0,05	6,00	6,00
– глубина обработки почвы рыхляще-подрезающими лапами, м	До 0,16	0,151	0,082
– величина подрезания почвы со стерней лемешно-подрезающими органами, м	0,03–0,06	0,052	0,045
Производительность агрегата за 1 час, га:			
Обработка на 0,10–0,16 м			
– основного времени	3,6...4,8	4,3	–
– сменного времени	–	3,4	–
– эксплуатационного времени	2,7...3,8	3,3	–
Обработка до 0,10 м			
– основного времени	4,8...6,0	–	5,5
– сменного времени	–	–	4,4
– эксплуатационного времени	3,7...4,6	–	4,3
Удельный расход топлива, кг/га	–	8,5	5,9
Эксплуатационные и технологические коэффициенты:			
– надежности технологического процесса;	Не ниже 0,98	0,98	0,99
– использования сменного времени;	Не ниже 0,78	0,79	0,80
– использования эксплуатационного времени;	Не ниже 0,77	0,77	0,78
Качество выполнения технологического процесса:			
– крошение почвенного пласта, %, размер комков менее 0,05 м	≥50,0	68,3	82,8
Размеры создаваемых кулис, м			
– по ширине	0,25...0,38	0,345	0,313
– по высоте	0,08...0,17	0,118	0,104
– содержание эрозионно-опасных частиц в верхнем 5-см слое	Не должно увеличиваться	Не увеличилось	Не увеличилось

2. Лабораторно-полевыми исследованиями установлено, что орудие для компенсационной обработки почвы по основным показателям – равномерности глубины обработки и крошения почвы, параметрам образуемых гребне-стерневых кулис – полностью соответствуют техническому заданию. Производительность агрегата с трактором класса 30 кН на обработке паров составляет 5,6 га/ч, удельный расход топлива – 5,9 кг/га.

3. Орудие для выполнения компенсационной обработки почвы целесообразно применять на склоновых полях с уклоном до 8° на зяби и весенне-летних обработках паровых полей.

#### Список литературы / References

1. Мударисов С.Г., Рахимов З.С., Фархутдинов И.М., Валиуллин И.Э., Ахметьянова И.И. Моделирование технологического процесса обработки почвы на склоновых агроландшафтах // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 1 (39). С. 87–91. DOI: 10.12737/19332.

Mudarisov S.G., Rakhimov Z.S., Farhutdinov I.M., Valiullin I.E., Akhmetyanova I.I. Modeling of tillage workflow on sloping agricultural landscapes // Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2016. Volume 11. №1 (39). P. 87–91 (in Russian).

2. Макарова М.С., Зацаринный В.А. Перемещение пласта почвы при вспашке склоновых полей // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 8. С. 16–18.

Makarova M.S., Zatsarinny V.A. Movement of the soil layer during plowing of slope fields // Mechanization and electrification of agriculture. 2008. № 8. P. 16–18 (in Russian).

3. Рахимов З.С. Механическая эрозия почвы на склонах // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. № 5. С. 37–38.

Rakhimov Z.S. Mechanical soil erosion on slopes // Tractors and agricultural machines. 2005. № 5. P. 37–38. (in Russian).

4. Шабаев А.И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья. Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. 284 с.

Shabaev A.I. Adaptive-ecological systems of agriculture in the Volga region agrolandscapes. Saratov FGOU VPO «Saratovskij GAU», 2003. 284 p. (in Russian).

5. Соколов Н.М., Шабаев А.И., Стрельцов С.Б., Худяков В.В. Способ обработки почвы в паровом поле. Патент РФ № 2564849. Патентообладатель ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». 2015. Бюл. № 28.

Sokolov N.M., Shabaev A.I., Streltsov S.B., Khudyakov V.V. The method of processing soil in the steam field. RU 2564849. Patentee Federal State Scientific Institution «Agricultural Research Institute of South-East Region». 2015. Bulletin number 28 (in Russian).

6. Соколов Н.М., Стрельцов С.Б., Худяков В.В., Шабаев А.И., Соколов В.Н. Орудие для противозерозионной обработки почвы. Патент РФ № 26122111. Патентообладатель ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». 2017. Бюл. № 45.

Sokolov N.M., Streltsov S.B., Khudyakov V.V., Shabayev A.I., Sokolov V.N. A tool for anti-erosion tillage. RU 26122111. Patentee Federal State Scientific Institution «Agricultural Research Institute of South-East Region». 2017. Bulletin number 45 (in Russian).