

УДК 631.1:631.459(470.61):633.11

Устройства для роторной внутрипочвенной механической обработки¹

В. П. Калиниченко

(Институт плодородия почв юга России),

В. К. Шаршак, Е. П. Ладан

(Донской государственный аграрный университет),

А. А. Зармаев

(Чеченский государственный университет),

В. Е. Зинченко

(Донской научно-исследовательский институт сельского хозяйства)

Разработан технологический процесс и предложены технические решения внутрипочвенной роторной фрезерной обработки. На основании многолетних стационарных исследований решена задача синтеза нового качества почвы. Цель этих изысканий — создание долговременных оптимальных стартовых условий развития растений. Приведены технические параметры устройств. Показано, как их применение влияет на почву и на результаты сельскохозяйственного производства. Обозначены перспективы использования внутрипочвенной роторной фрезерной обработки. Отмечено, что значительная часть тягового и энергетического баланса ротационных фрезерных внутрипочвенных плугов ПМС-70, ПМС-100 и др. определяется сопротивлением перемещению в почве почвообрабатывающего устройства — редукторной, опорной и рыхлящей стойки плуга.

Ключевые слова: мелиорация почв, роторное фрезерное внутрипочвенное рыхление, тяговый и энергетический баланс.

Введение. Механическая обработка почвы создаёт предпосылки устойчивого развития агробиогеоценозов и обеспечения их высокой продуктивности.

Для мелиорации почв применяют циклическую глубокую обработку. Изучение длительного изменения почвы [1—7] при циклической мелиорации позволило установить, что стандартные приёмы агро-мелиорации в недостаточной степени решают задачу крошения и перемешивания генетических горизонтов почв. Особенно это касается сухой степи. Здесь, во-первых, короткий период влажности почвы, оптимальной для её обработки. Во-вторых, внутренние горизонты почвы имеют высокую плотность и твёрдость, поэтому плохо крошатся — после обработки в почве остаётся большое количество крупных не разрушенных блоков. Необходимо формировать в почве агрономически ценные агрегаты, добиваться получения заданных показателей размещения и перемешивания генетических горизонтов почвы. Для этих целей предлагается использовать внутрипочвенную роторную фрезерную обработку.

Материалы и методы. При стандартных почвенно-мелиоративных процедурах, при подготовке почв под многолетние насаждения, тем более при уходе за ними новое качество почвы отсутствует, процесс в биогеосистеме лишь временно оптимизируется. Свойства улучшаются, но не трансформируются. Наблюдаются устойчивые признаки будущего восстановления исходных свойств почвы. Модель природопользования в производственной среде сельского хозяйства не соответствует принципу устойчивого развития (sustainable development). Это послужило одним из мотивов разработки концепции рекреационной биогеосистемотехники.

Методами настоящей работы являются эмпирическое наблюдение, эвристический поиск модели управления биогеосистемой и разработка технических средств создания устойчивых высокопродуктивных биогеосистем.

¹ Работа выполнена в рамках инициативной НИР.

Объект исследований: технические средства для агромелиоративной обработки почвы с природной и антропогенной элювиально-иллювиальной вертикальной дифференциацией профиля.

В стандартной агротехнике [8] обрабатывают верхний слой почвы. В силу генезиса почвы этот слой имеет достаточно развитое агрегатное устройство. При отвальной обработке орудиями с пассивными рабочими органами такая почва относительно хорошо разделяется на агрегаты. Почва более глубоких горизонтов — плотнее и менее агрегирована. Часто в этих слоях имеют место переуплотнение, слитизация, солонцовый процесс, седиментогенез, вплоть до литогенеза в более глубоких горизонтах [9, 10]. Указанные явления в агрокультуре усиливаются, поскольку обработка только верхнего слоя объективно ведёт к дифференциации свойств почвы в её профиле. Это неблагоприятно сказывается на эволюции почвы.

Поэтому циклически применяют разнообразные варианты глубокого рыхления почвы [11—18].

Мелиорация почв путём циклической глубокой обработки обеспечивает предпосылки достаточно высокой и устойчивой продуктивности агробиосистем. Со времени начала активного применения глубокой агромелиоративной обработки почвы получили распространение плантажная, трёхъярусная обработка, линейное щелевание (чизелевание), объёмное рыхление. Изучение длительного изменения почвы [1—7] при циклической мелиорации позволило установить, что стандартные приёмы агромелиорации в недостаточной степени решают задачу крошения и перемешивания генетических горизонтов почв. Особенно это имеет место в сухой степи. Здесь короткий период влажности почвы, оптимальной для её обработки. Кроме того, внутренние горизонты почвы имеют высокую плотность и твёрдость, поэтому плохо крошатся — после обработки в почве остаётся большое количество крупных блоков более 50—100 мм [19]. На глубине более 20 см, в не обрабатываемом ежегодно слое такие блоки непроницаемы для корневой системы растений и не включаются в биологический процесс. Таким образом, не решается в полной мере задача мелиорации — формирование в почве агрономически ценных агрегатов и заданное размещение исходных генетических горизонтов. Срок действия цикла агромелиорации по замыслу разработчиков составлял всего 5—8 лет, что подтверждается экспериментально [20].

Отмеченный результат закономерен. Плантажная, трёхъярусная обработка, щелевание, объёмное рыхление выполняются преимущественно орудиями с пассивными рыхлящими рабочими органами. Плантажный и трёхъярусный плуги выполняют в почве несколько технологических операций. Однако у всех этих приёмов глубокой обработки почвы есть общая черта: в процессе подрезания рабочий орган воздействует на слой почвы более 20 см. Поэтому следующая после подрезания операция рыхления проходит некачественно. В почве образуется рыхлый дисперсный материал агрегатов. Однако значительная часть подрезанной почвы остаётся не взрыхлённой — это блоки поперечником более 100 мм. Они состоят из материала, извлечённого, например, из солонцового или подсолонцового горизонтов. В дальнейшем эти блоки не разрушаются и препятствуют развитию корневой системы растений. Заданное направление эволюции почвы не достигается. При обработке большое количество (до 50 %) почвы из верхнего слоя перемещается в нижележащие слои. Использование щелерезов и объёмных глубокорыхлителей ухудшает ситуацию, т. к. в принципе не решает задачу перемещения и перемешивания генетических горизонтов почвы.

Представляется актуальной задача разработки технических средств мелиорации. Они должны обеспечить:

- 1) более эффективную агромелиорацию почв в условиях современной технологической активности [8—25];
- 2) устойчивое непротиворечивое управление биосистемой.

Предложена биосистемотехника [3], с помощью которой может быть гармонично реализовано параллельное решение двух фундаментальных научных задач:

1) создание условий развития окружающей среды, не противоречащих обитанию и не ограничивающих его;

2) синтез стартовых условий долговременной устойчивости производственной системы, имеющей также рекреационное значение.

В данном случае важно учитывать также вероятность деградации почвы. Динамика свойств любой системы оказывает влияние на саму систему. Такую обратную связь следует оптимизировать, чтобы при флуктуациях система возвращалась в заданное состояние. Оптимальным будет опережающее воздействие (состояние системы превентивно корректируется до начала флуктуации).

Разработана и апробирована [3, 6] циклическая природоохранная ресурсосберегающая почвенно-мелиоративная агротехника солонцовых почв и созданы новые технические средства её реализации [3].

Формирование в почве агрономически ценных агрегатов, заданного размещения и перемешивания исходных генетических горизонтов почвы обеспечивается путём роторной обработки.

Предмет исследований. В ходе исследования устройств для роторного фрезерного рыхления и перемешивания иллювиального и подсолонцового слоёв почвы изучались: механика грунта, тяговые параметры, крутящий момент. Кроме того, с помощью тензометра оценивались энергетические затраты при работе агрегата «трактор — почвообрабатывающее устройство» (режиме двигателя трактора — номинальный). Эта информация сопоставлялась с показателями соответствующих стендовых испытаний.

Экспериментальные данные статистически обработаны. Определены экономические показатели возделывания сельскохозяйственных культур.

Обоснование технического решения. Глубина роторной обработки зависит от частоты вращения, скорости подачи фрезерователя и от числа зубьев фрезы. При этом подрезанный слой 1—3 см. Он относительно тонкий, поэтому хорошо поддаётся и рыхлению. Образуется материал для формирования структуры почвы и развития корневой системы растений.

Однако применение роторной обработки на большей глубине сопряжено со значительными затратами энергии. Они пропорциональны диаметру фрезы, т. к. крутящий момент, подводимый к фрезерователю в процессе обработке почвы, определяется сопротивлением по внешней окружности фрезы [21]. Процесс фрезерования объективно ограничен инерционными свойствами обрабатываемого материала и предельными параметрами режущего органа. Скорость обработки не выше 5—10 м/с. Кроме того, при глубоком погружении фрезерователь перемещает большое количество материала, что увеличивает затраты энергии. Инерцию извлекаемого материала при обоих вариантах обработки («снизу» и «сверху») приходится гасить посредством механических рассекателей или экранов. С другой стороны, роторная обработка может быть выполнена не на всю заданную глубину, а только в определённом слое почвы [13]. О такой принципиальной возможности свидетельствуют результаты лабораторных экспериментов [6].

Для снижения тягового сопротивления и формирования в почве пересекающихся потоков материала применён фрезерный способ рыхления.

Внутрипочвенный рыхлитель (фрезерователь) состоит из горизонтального вала. На расстоянии 50—100 мм друг от друга установлены плоские фрезы. Такая конструкция позволяет в плоскости фрезы выполнить операции подрезания, крошения, а также сообщить обрабатываемому материалу линейную скорость порядка 5—8 м/с.

В процессе обработки рыхлитель перемещается горизонтально в направлении, перпендикулярном его оси. При этом имеет место окружное ускорение материала. В результате возникает инерционное вертикальное давление на вышележащий слой почвы. Поверхность обрабатываемой почвы приподнимается. За счёт этого в зоне обработки появляется зона относительно низкой

плотности материала. Здесь пересекаются потоки материала — сходящего с фрез и проходящего между плоскостями фрез. В результате рыхление почвы проходит качественно во всём обрабатываемом слое.

Выбор подлежащего рыхлению слоя определяется задачей управления эволюцией почвы с целью повышения её продуктивности. В солонцовых почвах стоит задача рыхления и перемешивания солонцового слоя (глубина от 15—20 см до 25—35 см) и подсолонцового — богатого карбонатами и гипсом (глубина от 25—35 см до 45—60 см). Исходя из этого, определяют диаметр фрез — 250—300 мм и глубину обработки — 45—60 см.

Роторный фрезерный внутрипочвенный рыхлитель навешивают на трактор. Механический привод рыхлителя — от вала отбора мощности. Подача инструмента внутри почвы происходит при перемещении трактора.

В 60—70-е годы XX века был разработан принцип мелиорации почв путём ротационно-фрезерного рыхления мелиорируемого слоя почвы 20—50 см [26—29].

Рабочая гипотеза: роторное рыхление глубоких слоёв почвы, оказывающих наиболее неблагоприятное воздействие на развитие взрослых культурных растений, может быть альтернативой трёхъярусной мелиоративной вспашке солонцовой почвы.

Предложена схема технологического процесса. Впервые в мире решена задача синтеза нового качества почвы при её агромелиорации.

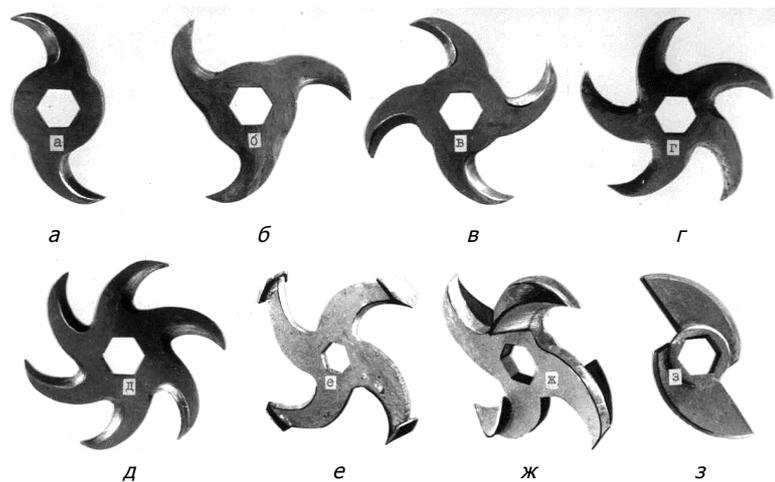


Рис. 1. Фрезы для глубокой мелиоративной обработки солонцовых почв: *а* — дисковая двухзубовая почвенная фреза; *б* — дисковая трёхзубовая почвенная фреза; *в* — дисковая четырёхзубовая почвенная фреза; *г* — дисковая пятизубовая почвенная фреза; *д* — дисковая шестизубовая почвенная фреза; *е* — дисковая четырёхзубовая почвенная фреза с Т-образными ножами; *ж* — дисковая четырёхзубовая комбинированная почвенная фреза плужного типа; *з* — дисковая двухзубовая винтовая почвенная фреза (з)

Устройства внутрипочвенной роторной фрезерной обработки. Создана серия технических решений. Первое — почвенно-мелиоративный ротационный фрезерный плуг ПМС-70 (рис. 2, 3).

Роторно-фрезерная обработка почв тяжёлого гранулометрического состава [6, 7] с перемешиванием её внутренних слоёв — перспективное направление. Это продемонстрировали ведомственные испытания серии машин, разработанных в Донском государственном сельскохозяйственном институте: ПФ-2,8, ПМС-70 (рис. 2, 3), ПМС-100, ПМС-100М, ПФ-2,2, ФС-1,3 (рис. 4).

Результаты и обсуждение. Технические характеристики созданных устройств были приемлемыми для практического использования (табл. 1).

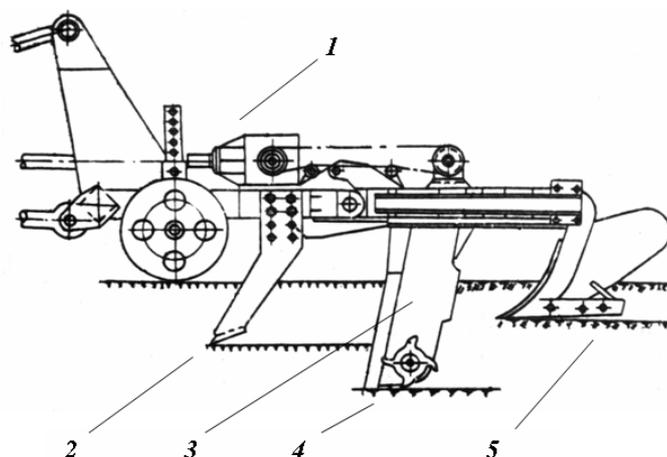


Рис. 2. Устройство для почвенно-мелиоративной ротационной фрезерной обработки почвы ПМС-70, вид сбоку: 1 — механический привод; 2 — рыхлящий нож; 3 — редукторная стойка; 4 — ротационно-фрезерный рыхлитель иллювиального и подсолонцового горизонтов почвы; 5 — пассивный плужный корпус для обработки верхнего слоя почвы [6]



Рис. 3. Устройство для почвенно-мелиоративной ротационной фрезерной обработки почвы ПМС-70 в процессе погружения в почву

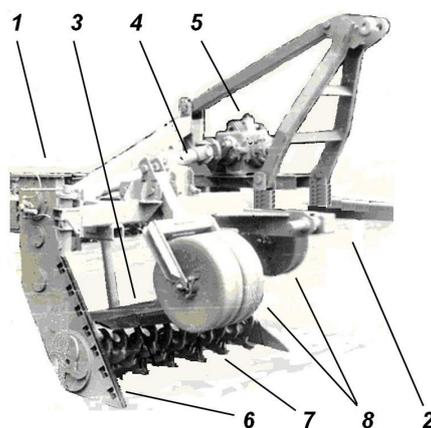


Рис. 4. Почвенно-мелиоративное роторное фрезерное устройство ФС-1,3 для подпокрывной обработки почв: 1 — рама; 2 — навесное устройство; 3 — плоскорежущий плужный корпус верхнего слоя; 4 — привод бортового редуктора; 5 — редуктор; 6 — бортовой редуктор; 7 — роторный рыхлитель внутреннего слоя; 8 — опорное колесо

Таблица 1

Технические характеристики роторных фрезерных внутрипочвенных рыхлителей

Показатель	Машина, значение показателя		
	ПМС-70	ПМС-100М	ФС-1,3
Устройство			
Глубина обработки, см	45	50	50
Диаметр фрезы, мм	250	300	300
Частота вращения фрезероувальвателя, мин ⁻¹	400	560	600
Ширина захвата, м	0,65	1,1	1,3
Рабочая скорость передвижения, км/час	2,7	3,2	2,8
Масса, кг	1050	1650	1970
Габариты, мм			
Длина	2800	1920	2300
Ширина	1750	2170	2585
Высота (в транспортном положении)	1650	2230	2160
Сохранность верхнего (0—20 см) слоя почвы, %	95	94	94
Производительность, га/час	0,2	0,35	0,37

Важнейший показатель эффективности обработки почвы — содержание в обработанном слое фракций 1—3 мм. Достичь таких результатов можно только с помощью роторных фрезерных внутрипочвенных рыхлителей. В табл. 2 представлены соответствующие показатели для ПМС-70 в сравнении со стандартной почвенно-мелиоративной обработкой. В начале исследований эксперты считали столь интенсивное рыхление недостатком. Однако в процессе длительной эволюции обработанной почвы выяснилось, что такая степень рыхления является достоинством обработки. Впоследствии из дисперсного материала почвы быстро сформировалась агрономически ценная структура, поровое пространство, обеспечивающее оптимальные условия для развития корневой системы растений и биологическое закрепление структуры почвы.

Таблица 2

**Содержание фракций 1—3 мм при различной обработке солонцевой почвы, %
(колхоз «Ленинский путь», 1972 г.)**

Глубина отбора образца, см	Солонец до обработки	Обработка		
		Отвальная, 20—22 см, контроль	Трёхъярусная, ПТН-40, 45 см	Роторно-фрезерная, ПМС-70, 45 см
0—20	8,2	14,4	15,9	33,7
20—40	21,3	17,1	20,8	39,6

Испытания устройств для мелиорации почвы, разработанные другими учреждениями СССР, также дали положительные результаты [29]. На основании выполненных в Донском государственном сельскохозяйственном институте разработок в конце 70-х годов XX века была запущена в серию мелиоративная машина МСП-2 Целиноградского СКБ ПЭТ.

Равномерное крошение и перемешивание почвы в обрабатываемом слое прослеживается не только визуально, но и по рентгеновским снимкам профиля почвы (рис. 5). На них отчётливо отображается поле рассеяния частиц почвы после обработки орудием ПМС-70 (для визуализации рентгенограммы в почву до обработки внесено контрастное вещество — сульфат бария).

Недостаток рассматриваемых технических решений обусловлен применением закрытой редукторной стойки-щелереза привода вала внутрипочвенного фрезероувальвателя. По способу воздействия на дисперсную упруго-пластичную сплошную среду почвы редукторная стойка-щелерез является пассивным рыхлителем. В результате при отвальной обработке почвы тяговое сопротивление, оказываемое перемещению устройства, было весьма значительным (табл. 3, 4). Особенно это касается плотных почв (а таковыми являются все нуждающиеся в мелиорации почвы) и почв

с плужной подошвой. Применение дополнительного рыхлящего ножа 2 (рис. 2), который обеспечивал послойное рыхление щели, не решает проблему кардинально.

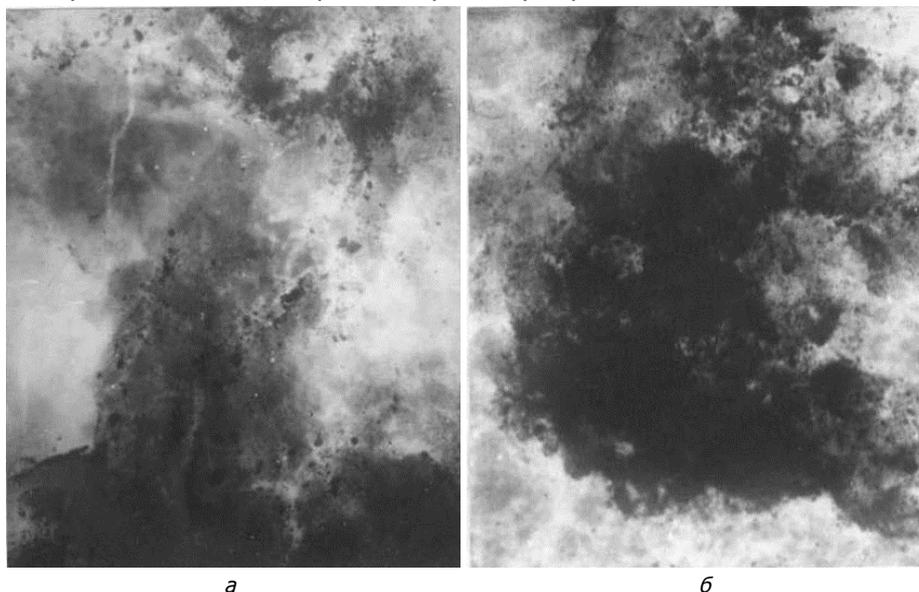


Рис. 5. Рентгенограммы перемешивания слоёв почвы при роторной обработке фрезами различного типа: четырёхзубовой (а) и Т-образной (б). Тёмные точки на рентгенограммах — следы частиц сульфата бария

Таблица 3

**Тяговый баланс орудия для роторной обработки почвы ПМС-70,
глубина обработки 40—45 см**

Составляющая тягового баланса орудия	%
Плужный корпус	16—18
Роторный фрезерный рабочий орган	9—10
Редукторная, опорная и рыхлящая стойки	71—76

Таблица 4

**Тяговый баланс орудия для роторной обработки почвы ПМС-100,
глубина обработки 45 см, 1974 г.**

Составляющая тягового баланса орудия	%
Плужный корпус	10—14
Роторный фрезерный рабочий орган	8—12
Редукторная, опорная и рыхлящая стойки	75—84

Редукторная, опорная и рыхлящая стойки в почве оказывают сопротивление перемещению почвообрабатывающего устройства. Согласно данным табл. 1, 2, этим сопротивлением определяется большая часть тягового баланса ПМС-70, ПМС-100. Аналогично выглядит тяговая характеристика ФС-1,3.

Задача была частично решена в машине МСП-2. Здесь редукторная стойка тоньше, чем у предшествующих разработок [14—16]. Однако это не внесло принципиальных отличий в тяговый баланс устройства.

Машина МСП-2 снабжена подрезающим плоскорезущим рабочим органом, после которого по направлению движения устройства расположен фрезерователь. Такое конструктивное исполнение негативно сказалось на качестве крошения почвы после обработки — оно было значительно хуже, чем у роторных фрезерных машин типа ПМС-70 [13].

Баланс мощности агрегата «трактор — устройство» для обработки почвы складывался согласно тяговому балансу и существенно изменялся в зависимости от состояния обрабатываемой почвы, её твёрдости и влажности (табл. 5).

Таблица 5

Баланс мощности орудия для роторной обработки почвы ПМС-100, глубина обработки 45 см, 1974 г.¹

Показатель	Каштановая почва		Светло-каштановая почва	
	кВт	%	кВт	%
Мощность				
Общая	173	100,0	181	100,0
Тяговая	44	25,4	74	40,9
Фрезерователя	108	62,4	89	49,2
Передвижение	10	5,8	8	4,4
Трансмиссия	11	6,4	10	5,5

Только в некоторых случаях энергетический баланс складывался так, что в нём тяговая составляющая была меньше 30 %. В основном тяговая составляющая энергетического баланса составляла до 50 %.

Баланс мощности и энергетические затраты у модернизированных устройств с пассивными режущими органами, например ПЯС-1,4, лучше, чем у роторной комбинированной машины МСП-2 (табл. 6).

Таблица 6

Энергетическая оценка мелиоративных орудий для обработки почвы, 1989 г.

Орудие	Глубина обработки, см	Удельный расход топлива, кг/га
ПЯС-1,4	39,9	49,4
МСП-2	41,5	70,2

Использование роторных фрезерных почвообрабатывающих устройств прошлого поколения доказало актуальность снижения энергоёмкости привода внутрпочвенного роторного фрезерователя.

Таблица 7

Экономические показатели различных способов обработки почвы (село Ремонтное, 2006 г., озимая пшеница)

Показатель	Обработка		
	Отвальная, глубина 20–22 см (<i>St</i>)	Плугом ПТН-40	Орудием ФС-1,3
Урожайность, т/га	4,14	5,12	6,58
Цена реализации, руб./т	5 800,00	5 800,00	5 800,00
Затраты технологии выращивания, руб./га	15 900,00	18 850,00	19 350,00
Приведённые затраты технологии агромелиорации в текущих ценах, руб./га	0,00	9 000,00	16 000,00
Срок действия технологии агромелиорации, лет	0	10	30
Приведённые затраты амортизации технологии агромелиорации, руб./га	0,00	900,00	533,33
Затраты всего, руб./га	15 900,00	19 750,00	19 883,33
Рентабельность, %	51,0	52,8	94,5
Себестоимость, руб./т	3 840,58	3 857,42	3 021,78

Применение роторных фрезерных рабочих органов при полном их погружении в обрабатываемый слой (20—45 см) обеспечивает стабильные производственные и экономические показатели. Такая обработка эффективнее по сравнению со стандартной и с типовой мелиоративной

¹ Натурные тесты устройств в различных условиях состояния почвы и для различных почв.

агротехникой [8, 10, 11]. Об этом свидетельствуют результаты многолетних стационарных производственных экспериментов. Длительность эффекта от мелиорации составляет более 30 лет, а, например, в случае использования ПТН-40 — 5–8 лет (табл. 7).

С учётом новых планов мелиорации, разрабатываемых в России, следует тщательно подходить к выбору технических средств и технологий мелиорации.

Библиографический список

1. Большаков, А. Ф. Изменение солончаковых солонцов в результате 25-летнего их освоения / А. Ф. Большаков // Совершенствование приёмов и методов мелиорации солонцовых почв. — Москва : Колос, 1976. — С. 51–52.
2. Засолённые почвы России / отв. ред. Л. Л. Шишов, Е. А. Панкова. — Москва : Академкнига, 2006. — 854 с.
3. Изменение почв солонцового комплекса за 30-летний период после отвальной, трёхъярусной и нового приёма роторно-фрезерной обработки / В. П. Калиниченко [и др.] // Почвоведение. — 2011. — № 8. — С. 1010–1022.
4. Лисецкий, Ф. Н. Агрогенная трансформация почв сухостепной зоны под влиянием античного и современного этапов землепользования / Ф. Н. Лисецкий // Почвоведение. — 2008. — № 8. — С. 913–927.
5. Любимова, И. Н. Вторичное осолонцевание, реставрация солонцового процесса, критерии их диагностики / И. Н. Любимова // Материалы V Всероссийского съезда общества почвоведов им. В. В. Докучаева / Всероссийское общество почвоведов им. В. В. Докучаева, ЮФУ. — Ростов-на-Дону, 2008. — С. 386.
6. Минкин, М. Б. Солонцы юго-востока Ростовской области / М. Б. Минкин, В. М. Бабушкин, П. А. Садименко. — Ростов-на-Дону : Изд-во РГУ, 1980. — 271 с.
7. Минкин, М. Б. Подпокровно-фрезерная мелиоративная обработка солонцовых почв / М. Б. Минкин, Е. П. Ладан, Т. Н. Бондаренко // Международный сельскохозяйственный журнал. — 1978. — № 5. — С. 92–93.
8. Система ведения агропромышленного производства Ростовской области (на период 2001–2005 гг.) / В. П. Ермоленко [и др.]. — Ростов-на-Дону : Феникс, 2001. — 928 с.
9. Глазовская, М. А. Педолитогенез и накопление органического углерода в четвертичных покровах равнин Евразии // Известия Российской академии наук. Серия географическая. — 1996. — № 5. — С. 21.
10. Розанов, А. Ю. Ископаемые бактерии, седиментогенез и ранние стадии эволюции биосферы / А. Ю. Розанов // Палеонтологический журнал. — 2003. — № 6. — С. 41.
11. Мелиорация солонцов в СССР / [И. Н. Антипов-Каратаев и др.]. — Москва : Изд-во Академии наук СССР, 1953. — 562 с.
12. Пак, К. П. Требования к орудиям мелиоративной обработки почвы / К. П. Пак, И. Г. Цюрупа // Земледелие. — 1975. — № 12. — С. 24–27.
13. Шаршак, В. К. Подпокровные фрезерователи. Рекомендации к проектированию рабочих органов / В. К. Шаршак. — Новочеркасск : ЮЖНИИГиМ, 1975. — 74 с.
14. Типовые рекомендации по мелиорации солонцовых почв / К. П. Пак [и др.]. — Москва : Колос, 1977. — 33 с.
15. Эффективность последействия ярусной вспашки степных солонцов: рекомендации / под ред. И. Ф. Поротикова. — Москва : НИИСХ ЦЧП, 1978. — 80 с.
16. Рециклическая природоохранная почвенно-мелиоративная агротехника / Н. П. Панов [и др.] // Вестник аграрной науки Дона. — 2008. — № 2. — С. 97–105.

17. Moberly, P.-K. Deep tillage investigations on five soil types of the South African sugarbelt / P.-K. Moberly; South African Sugar Association Experiment Station // Proceedings of The South African Sugar Technologists' Association. — 1972. — June. — P. 205–210.
18. Deep tillage management for high strength southeastern USA Coastal Plain soils / W.-J. Busscher [et al.] // Soil & Tillage Research. — 2006. — Vol. 85. — P. 178–185.
19. Горячкин, В. П. Собрание сочинений : в 3 т. / В. П. Горячкин. — Москва : Колос, 1965.
20. Способы мелиорации орошаемых солонцовых почв / Г. Т. Балакай [и др.]. — Новочеркасск : ФГНУ «РосНИИПМ», 2011. — 73 с.
21. Матяшин, Ю. Пути снижения энергоёмкости фрез / Ю. Матяшин // Техника в сельском хозяйстве. — 1968. — № 5. — С. 81–82.
22. Сдобников, С. С. Пахать или не пахать? — 2-е изд. / С. С. Сдобников. — Москва : Россельхозакадемия, 2000. — 296 с.
23. Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006–2010 годы : федеральная целевая программа : утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 20 февраля 2006 г. № 99.
24. О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения : Федеральный Закон №101 от 16.07.98 : принят Государственной Думой 3 июля 1998 года, одобрен Советом Федерации 9 июля 1998 года.
25. Хитров, Н. Б. Длительнопериодический ретроспективный мониторинг почв: проблемы и решения / Н. Б. Хитров // Материалы V Всероссийского съезда общества почвоведов им. В. В. Докучаева / Всероссийское общество почвоведов им. В. В. Докучаева, ЮФУ. — Ростов-на-Дону, 2008. — С. 406.
26. Акт № 24–39В...42В–89 (9069110...9069114) государственных сравнительных испытаний солонцовых орудий ПЯС-1,4; ПЯС-4-35; МСП-2; ПС-3-40 / Государственный агропромышленный комитет СССР; Северо-Кавказская государственная машиноиспытательная станция. — зерноград, 1989. — 21 с.
27. Виленский, Д. Г. Агрегация почв, её теория и практическое приложение / Д. Г. Виленский. — Москва; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1945. — 110 с.
28. Способ обработки почвы : пат. 353665 Рос. Федерация : МПК А01В13/16, А01В79/00 / Ф. А. Миронченко, В. П. Плетнёв; заявка № 1376919; зарегистр. 10.07.72; опубл. 01.01.72; приоритет 18.11.69. — 2 с.
29. Протокол ведомственных испытаний фрезы солонцовой ФС-1,3 / Министерство сельского хозяйства РСФСР, Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Донской сельскохозяйственный институт. — зерноград, 1977. — 14 с.

Материал поступил в редакцию 20.06.12.

References

1. Bolshakov, A. F. Izmenenie solonchakovy`x solonczov v rezul`tate 25-letnego ix osvoeniya. [Solonetz-solonchack change as a result of their 25-year reclamation.] Sovershenstvovanie priemov i metodov melioracii solonczovy`x pochv. [Development of methods and practices of desolonetzization.] Moscow : Kolos, 1976, pp. 51–52 (in Russian).
2. Shishov, L. L., Pankova, E. A., eds. Zaslenny`e pochvy` Rossii. [Szik soils of Russia.] Moscow : Akademkniga, 2006, 854 p. (in Russian).

3. Kalinichenko, V. P., et al. Izmenenie pochv solonczovogo kompleksa za 30-letnij period posle otval`noj, trex``yarusnoj i novogo priema rotno-frezernoj obrabotki. [Solonetz soil complex change for 30-year period after moldboard, three-high, and innovative rototilling.] *Pochvovedenie*, 2011, no. 8, pp. 1010–1022 (in Russian).

4. Lisetskiy, F. N. Agrogennaya transformaciya pochv suxostepnoj zony` pod vliyaniem antichnogo i sovremennogo e`tapov zemlepol`zovaniya. [Agrogenic soil transformation in dry steppe zone under the antique and modern land-use stages.] *Pochvovedenie*, 2008, no. 8, pp. 913–927 (in Russian).

5. Lyubimova, I. N. Vtorichnoe osoloncevanie, restavraciya solonczovogo processa, kriterii ix diagnostiki. [Secondary alkalization, solonetization restoration, their diagnostics criteria.] *Materialy` V Vserossijskogo s`ezda obshhestva pochvedov im. V. V. Dokuchaeva / Vserossijskoe obshhestvo pochvedov im. V. V. Dokuchaeva, YuFU*. [Proc. V All-Russian Congress of Society of Soil Science after V.V. Dokuchayev. All-Russian Society of Soil Science after V.V. Dokuchayev, Southern Federal University.] Rostov-on-Don, 2008, p. 386 (in Russian).

6. Minkin, M. B., Babushkin, V. M., Sadimenko, P. A. Soloncy` yugo-vostoka Rostovskoj oblasti. [Solonetzic soils in southeast Rostov region.] Rostov-on-Don, Izd-vo RGU, 1980, 271 p. (in Russian).

7. Minkin, M. B., Ladan, E. P., Bondarenko, T. N. Podpokrovno-frezernaya meliorativnaya obrabotka solonczovy`x pochv. [Undercover rotary reclamation solonetzic soils tilling.] *Mezhdunarodny` j sel`skoxozyajstvenny` j zhurnal*, 1978, no. 5, pp. 92–93 (in Russian).

8. Yermolenko, V. P., et al. Sistema vedeniya agropromy`shlennogo proizvodstva Rostovskoj oblasti (na period 2001–2005 gg.). [Agribusiness system of Rostov region Rostov region.] Rostov-on-Don: Feniks, 2001, 928 p. (in Russian).

9. Glazovskaya, M. A. Pedolitogenez i nakoplenie organicheskogo ugleroda v chetvertichny`x pokrovax ravnin Evrazii. [Paedo-lithogenesis and organic carbon buildup in Eurasian quarternary plain covers.] *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, 1996, no. 5, p. 21 (in Russian).

10. Rozanov, A. Y. Iskopaemy`e bakterii, sedimentogenez i rannie stadii e`volyucii biosfery`. [Fossil bacteria, sedimentogenesis, and initiatory stages of biosphere evolution.] *Paleontologicheskij zhurnal*, 2003, no. 6, p. 41 (in Russian).

11. Antipov-Karatayev, I. N., et al. Melioraciya solonczov v SSSR. [Desolonetzization in USSR.] Moscow : Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1953, 562 p. (in Russian).

12. Pak, K. P., Tsuruyupa, I. G. Trebovaniya k orudiyam meliorativnoj obrabotki pochvy`. [Requirements for reclamative tilling tools.] *Zemledelie*, 1975, no. 12, pp. 24–27 (in Russian).

13. Sharshak, V. K. Podpokrovny`e frezerovateli. Rekomendacii k proektirovaniyu rabochix organov. [Undercover millers. Recommendations on tool designing.] Novocherkassk : YuZhNIIGiM, 1975, 74 p. (in Russian).

14. Pak, K. P., et al. Tipovy`e rekomendacii po melioracii solonczovy`x pochv. [Standard recommendations on desolonetzization.] Moscow : Kolos, 1977, 33 p. (in Russian).

15. Porotikov, I. F., ed. E`ffektivnost` posledejstviya yarusnoj vspashki stepny`x solonczov : rekomendacii. [Efficiency of steppe solonetz layer ploughing aftereffect: recommendations.] Moscow : NIISX CzChP, 1978, 80 p. (in Russian).

16. Retsiklicheskaya prirodooxrannaya pochvenno-meliorativnaya agrotehnika. [Recyclical environmental soil reclamation agrotechnics.] *Vestnik agrarnoj nauki Dona*, 2008, no. 2, pp. 97–105 (in Russian).

17. Moberly, P.-K. Deep tillage investigations on five soil types of the South African sugarbelt. South African Sugar Association Experiment Station. Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association, 1972, June, pp. 205–210.

18. Busscher, W.-J., et al. Deep tillage management for high strength southeastern USA Coastal Plain soils. *Soil & Tillage Research*, 2006, vol. 85, pp. 178–185.

19. Goryachkin, V. P. *Sobranie sochinenij* : v 3 t. [Collected works : in 3 vol.] Moscow : Kolos, 1965 (in Russian).
20. Balakay, G. T., et al. *Sposoby` melioracii oroshaemy`x solonczovy`x pochv.* [Irrigated sodic soils reclamation techniques.] Novocherkassk: FGNU «RosNIIPM», 2011, 73 p. (in Russian).
21. Matyashin, Y. *Puti snizheniya e`nergoemkosti frez.* [Energy output reduction pathways for tillers.] *Texnika v sel`skom xozyajstve*, 1968, no. 5, pp. 81–82 (in Russian).
22. Sdobnikov, S. S. *Paxat` ili ne paxat`?* [To plow or not to plow?] 2nd ed. Moscow : Ros-sel`xozakademiya, 2000, 296 p. (in Russian).
23. *Soxranenie i vosstanovlenie plodorodiya pochv zemel` sel`skoxozyajstvennogo naznacheniya i agrolandshaftov kak nacional`nogo dostoyaniya Rossii na 2006–2010 gody` : federal`naya celevaya programma : utv. Postanovleniem Pravitel`stva Rossijskoj Federacii ot 20 fevralya 2006 g. № 99.* [Soil fertility conservation and recovery of farmlands and cultivated lands as the Russian national resources for 2006-2010 : Federal Target Programme : appr. by Decree of the Government of the Russian Federation No. 99 of 20 Feb. 2006] (in Russian).
24. *O gosudarstvennom regulirovanii obespecheniya plodorodiya zemel` sel`skoxozyajstvennogo naznacheniya : Federal`ny`j Zakon №101 ot 16.07.98 : prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 3 iyulya 1998 goda, odobren Sovetom Federacii 9 iyulya 1998 goda.* [On government control over farmland soil fertility provision : Federal law No. 101 of 16.07.1998 : adopted by the Federation Council, 9 July 1998] (in Russian).
25. Khitrov, N. B. *Dlitel`noperiodicheskij retrospektivny`j monitoring pochv : problemy` i resh-eniya.* [Longtime retrospective soil monitoring : problems and solutions.] *Materialy` V Vserossijskogo s`ezda obshhestva pochvedov im. V. V. Dokuchaeva / Vserossijskoe obshhestvo pochvedov im. V. V. Dokuchaeva, YuFU.* [Proc. V All-Russian Congress of Society of Soil Science after V. V. Dokuchaev. All-Russian Society of Soil Science after V. V. Dokuchayev, Southern Federal University.] Rostov-on-Don, 2008, p. 406 (in Russian).
26. *Akt № 24–39V...42V–89 (9069110...9069114) gosudarstvenny`x sravnitel`ny`x ispy`tanij solonczovy`x orudij PYaS-1,4; PYaS-4-35; MSP-2; PS-3-40.* [Act No. 24–39V...42V–89 (9069110...9069114) on state comparison tests of PYaS-1,4; PYaS-4-35; MSP-2; PS-3-40 solonetz tools.] *Gosudarstvenny`j agropromy`shlenny`j komitet SSSR ; Severo-Kavkazskaya gosudarstvennaya mashinoispy`tatel`naya stanciya.* [State Agriculture Committee of the USSR; North Caucasian state machine-testing station.] Zernograd, 1989, 21 p. (in Russian).
27. Vilenskiy, D. G. *Agregaciya pochv, ee teoriya i prakticheskoe prilozhenie.* [Soil aggregation, its theory and practical application.] Moscow; Leningrad : Izd-vo AN SSSR, 1945, 110 p. (in Russian).
28. Mironchenko, F. A., Pletnev, V. P. *Sposob obrabotki pochvy` : pat. 353665 Ros. Federaciya : MPK A01B13/16, A01B79/00.* [Tilling method: Patent RF no. 353665.] 2 p. (in Russian).
29. *Protokol vedomstvenny`x ispy`tanij frezy` solonczovoj FS-1,3.* [Protocol on departmental tests of solonetz FS-1,3.] *Ministerstvo sel`skogo xozyajstva RSFSR, Vsesoyuzny`j nauchno-issledovatel`skij institut mexanizacii i e`lektrifikacii sel`skogo xozyajstva, Donskoj zonal`ny`j nauchno-issledovatel`skij institut sel`skogo xozyajstva, Donskoj sel`skoxozyajstvenny`j institut.* [Ministry of Agriculture of RSFSR, All-Union Scientific Research Institute for Farm Mechanization and Electrification, Don Regional Scientific Research Institute for Agriculture, Don Institute for Agriculture.] Zernograd, 1977, 14 p. (in Russian).

PLOUGHS FOR ROTOR INTERNAL TILLAGE OPERATIONS¹

V. P. Kalinichenko

(Institute for Soil Fertility of South of Russia),

V. K. Sharshak, E. P. Ladan

(Don State Agrarian University),

A. A. Zarmayev

(Chechen State University),

V. E. Zinchenko

(Don Agricultural Research Institute)

The production method is worked out, and the technical solutions to the rotary internal soil mulching are proposed. On the basis of the long-term stationary studies, the synthesis problem on a new soil quality is solved. The goal of these investigations is the creation of the long-term optimal launch growing conditions. Technical parameters of the devices are described. The effect of their application on the soil and on the farming results is shown. The application prospects of the rotor subsurface tilling operations are indicated. It is noted that the considerable part of the drawbar and power balance of the rotary subsurface ploughs PMS-70, PMS-100, and others, is defined by the resistance to the tilling tool movement in the soil — to the bearing, ripper, gear plough tine.

Keywords: *soil improvement, rotary internal soil mulching, drawbar and power balance.*

¹ The research is done within the frame of the independent R&D.