

МЕЛИТОПОЛЬСКИЙ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

На правах рукописи

УДК: 631.17

ПАЛЬЦЕВ Виктор Григорьевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОГО
МЕЛИОРАТИВНОГО РЫХЛЕНИЯ УПЛОТНЕННЫХ ЮЖНЫХ
ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ ДОЖДЕВАНИЕМ
(на примере юга Украины)**

Специальность 05.20.01 — „Механизация сельскохозяй-
ственного производства“

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Мелитополь — 1993

Работа выполнена в Московском ордена Трудового Красного Знамени институте инженеров сельскохозяйственного производства имени В. П. Горячкина и в Мелитопольском ордена Трудового Красного Знамени институте механизации сельского хозяйства.

Научный руководитель — доктор технических наук,
профессор В. С. КАЗАКОВ;

Официальные оппоненты — доктор технических наук,
профессор А. Н. ПАНЧЕНКО,
кандидат технических наук,
доцент П. Н. РОЖКОВ;

Ведущая организация — Институт орошаемого садоводства
Украинской Академии аграрных
наук.


Защита состоится «27» апреля 1993 года в 10⁰⁰
часов на заседании Специализированного совета К 120.90.01 в Мели-
топольском ордена Трудового Красного Знамени институте механизации сельского хозяйства (МИМСХ).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан «26» марта 1993 г.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах с подписями, заверенными печатью, просим направлять по адресу: 332339, Украина, г. Мелитополь, проспект В. Хмельницкого, 18, МИМСХ, Специализированный совет.

Ученый секретарь
Специализированного совета
К 120.90.01 кандидат
технических наук, профессор



В. Е. ЧЕРКУН.

1993 р. Меліт. міськдрук. Зам. № 2949-100

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00825859 (.)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Срошенные земли в зоне кашных черноземов подвержены различного рода уплотнениям: геологическим, генетическим и антропогенным. При этом нарушается структура подпочвы, являющейся регулятором водного, воздушного и солевого режимов, что приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Учитывая особенности маломощных черноземов — слабую устойчивость почв к механическому воздействию, необходимо сократить количество проходов тяжелых сельскохозяйственных машин, обеспечить обработку почвы без нарушения генетического профиля.

Одним из перспективных приемов в системе почвозащитной технологии является глубокое рыхление. Разработке эффективной технологии разуплотнения кашных черноземов в условиях орошения на основе системного подхода и решения совокупности теоретических и практических задач посвящена настоящая диссертационная работа.

Цель работы. Разработать технологию деструкции уплотненного почвенного профиля маломощных кашных черноземов с применением объемного рыхления на глубину 0,4...0,6 м для создания благоприятных условий развития сельскохозяйственных культур.

Задачи исследований. Исследовать плотность сложения разрыхленной почвенной толщи и распределение почвенной влаги по слоям. Изучить впитывающую способность разрыхленных уплотненных кашных черноземов. Усовершенствовать имеющиеся технические средства для глубокой мелкоративной обработки тяжелых уплотненных почв с увеличенной плотностью рыхления и низкой энергоемкостью.

Научная новизна. Разработана технология объемного /без образования вертикальных щелей и оборота пласта/ рыхления уплотненных кашных черноземов для улучшения водно-воздушного режима почвенного профиля, обеспечивающая повышение продуктивности мелкоротируемых сельскохозяйственных угодий в условиях орошения дождеванием. Установлены закономерности изменения плотности, влажности, водопроницаемости разрыхленного почвенного профиля. Усовершенствован рабочий орган мелкоративного рыхлителя объемного типа, исследованы его основные параметры и условия применения, дана оценка тягового сопротивления при различной глубине хода, проведена оценка качества работ. С применением метода гидромеханического моделирования изучена кинематика частиц в процессе рыхления. Усовершенствованы вариационные ряды объемных мелкоративных рыхлителей с помощью ме-

года наложения новых признаков на базовые модели.

Практическая ценность и реализация работы. Разработанная технология объемного рыхления обеспечивает деструкцию почвенного профиля уплотненных кашных черноземов на глубину 0,4...0,6 м, улучшает водно-воздушный режим почвы, замедляет процессы осолонцевания орошаемых земель. Достигнута экономия оросительной воды на единицу продукции, затраты на глубокое рыхление окупаются в первый год эксплуатации. Продолжительность эффекта объемного рыхления составляет два-три года.

Результаты работы внедрены на площади 200 га в Акимовском районе Запорожской области, в нескольких хозяйствах Винницкой области, а также в совхозе "Прикордонник" в Закарпатье. Получено одно авторское свидетельство /полжительное решение/ на изобретение по материалам исследований. Основное содержание диссертации изложено в 5-и печатных работах.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы докладывались на конференциях молодых ученых Южного научно-исследовательского института гидростехники и мелиорации /1989г./, Азово-Черноморского института механизации и электрификации сельского хозяйства /1992 г./, на кафедре гидравлики и гидроустановок МИСИ /1990...1992 гг./, на кафедре теплотехники и гидравлики МИМСХ /1991...1992 гг./, на техническом совете Акимовского управления оросительных систем Запорожского областного управления водного хозяйства /1991 г./, на научной конференции профессорско-преподавательского состава МИМСХ /1993 г./.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов и заключения по работе, списка использованной литературы из 118 наименований работ отечественных и зарубежных авторов. Объем диссертации 115 страниц основного текста, 15 таблиц и 47 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен аналитический обзор работ В.П.Горичкина, А.Н.Костякова, И.П.Айдарова, Н.Ф.Бондаренко, К.А.Визжа, В.А.Ковды, А.С.Кушнарера, С.Р.Нерпина, В.В.Труфанова, А.Ф.Чудновского и др., на основании которого выделены факторы, влияющие на уплотнение почв. Повышение плотности отрицательно сказывается на воздушном режиме, ограничивает объем аккумулирования продуктивных

запасов влаги и глубину проникновения корневой системы растений. Показано, что при сложившейся системе земледелия на орошаемых землях, где влажность поддерживается на высоком уровне, процессы уплотнения почвы и разрушения ее структуры происходят более интенсивно. Поливы дождеванием даже малыми нормами сопровождаются образованием поверхностного стока и смывом наиболее плодородного слоя. Особенно ранимы в этом отношении маломощные черноземы. Дана краткая характеристика мелиоративного состояния черноземных почв и их особенностей.

Выполнен анализ существующих способов и технических средств разуплотнения почв. Исследованиями В.И.Бобченко, С.А.Есенкулова, Ф.Р.Сайделымана, В.С.Казакова, В.П.Максименко, С.И.Умирзакова и др. установлено, что среди известных способов улучшения почвенного профиля в комплексе агротехнических мелиораций одним из перспективных является глубокое объемное рыхление.

На основании анализа разработанной морфологической карты исследований сформулированы основные требования к разрабатываемой технологии:

- обеспечение максимальной полноты рыхления на глубину активного корнесобитаемого слоя;
- повышение водопроницаемости почвы по сравнению с почвой после ее уплотнения под действием механического давления и инфильтрационных потоков;
- непрерывное улучшение плодородия почв в течение длительного времени;
- производство работ без применения ручного труда с высокой производительностью, безопасные условия труда при одновременном сокращении количества операций.

Выполнение данных требований обеспечивает эффективную разработку применения объемного мелиоративного рыхления.

Во второй главе намечены основные этапы исследований. Проведен анализ существующих технологий мелиоративной обработки уплотненных нижних черноземов на основе плужной вспашки при возделывании яровых и озимых культур. Показано, что существующие технологические схемы мелиоративной обработки нижних черноземов в условиях орошения требуют усовершенствования с целью разрушения уплотнений подпахотного горизонта, наиболее мощные из которых располагаются на глубине 0,3...0,5 м. Базируясь на эмальных технологиях, усовершенствованы технологические схемы мелиоративной обра-

ботки и введены новые операции, связанные с глубоким мелиоративным рыхлением.

Разработана методика математического моделирования технологического процесса рыхления уплотненных южных черноземов, включающая в себя выбор критериев оценки технологического процесса, установление зависимостей технологических, организационных и мелиоративных параметров с параметрами управления и разработку на этой основе технико-экономической модели; исследование макетов рабочих органов в гидравлическом лотке и построение математических моделей зависимости тягового сопротивления от глубины хода, скорости и угла крошения; применение матричных математических моделей для оценки состояния почвенного профиля и влияния на него рабочего органа рыхлителя; подготовку исходных данных и численных значений параметров для решения задач с применением ЭВМ.

Разработана технико-экономическая модель технологии глубокого мелиоративного рыхления, позволяющая определять приемлемые комплексы машин с учетом приведенных затрат в сравнении с базовой технологией. Согласно принятой методике приведенные затраты по технологиям сгруппированы в табл. I.

Таблица I
Приведенные затраты по технологиям

Технология		Приведенные затраты по комплексам машин	
		Основной D_1	Вспомогательный D_2
Базовая	M_1	$Z_1^{M_1}$	$Z_2^{M_1}$
Новая	M_2	$Z_1^{M_2}$	$Z_2^{M_2}$
Альтернативная	M_3	$Z_1^{M_3}$	$Z_2^{M_3}$

С помощью табл. I получены уравнения связи приведенных затрат по различным комплексам машин и технологиям в матричной форме:

$$\begin{bmatrix} Z_{M_1} \\ Z_{M_2} \\ Z_{M_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1^{M_1} & Z_2^{M_1} \\ Z_1^{M_2} & Z_2^{M_2} \\ Z_1^{M_3} & Z_2^{M_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1^{M_1} D_1 + Z_2^{M_1} D_2 \\ Z_1^{M_2} D_1 + Z_2^{M_2} D_2 \\ Z_1^{M_3} D_1 + Z_2^{M_3} D_2 \end{bmatrix} .$$

Примечание: буквами D_n и M_n обозначены символичные значения комплексов машин и технологий, соответственно.

Численный эксперимент, проведенный по разработанной методике, позволил выбрать из двадцати вариантов технологий производства работ наиболее приемлемые, которые были опробованы на опытных участках.

На основании исследований разработана матричная математическая модель параметров почвенного профиля. При этом почвенный профиль с помощью координатной сетки разбивается на прямоугольники или квадраты, а технологический процесс объемного рыхления представляется в виде смены состояния параметров почвенного профиля: до рыхления - после рыхления. Это условие формализуется с помощью матриц:

$$[a_{ij}] = [x_{ij}] [b_{ij}],$$

где $[b_{ij}]$ - матрица плотности почвы в узлах координатной сетки до рыхления;

$[a_{ij}]$ - матрица плотности почвы в узлах координатной сетки после рыхления;

$[x_{ij}]$ - матрица перехода от одного состояния в другое.

Зная матрицы $[a_{ij}]$ и $[b_{ij}]$ определяют параметры матрицы перехода $[x_{ij}]$, т.е. матрицы коэффициентов воздействия рыхлителя на почву. Использование матричных математических моделей позволит оперировать массивами данных, хранить их в компактной форме и использовать ЭВМ для оперативной обработки информации.

Для обоснования моделирования процесса почвообработки с помощью гидравлических и электрических моделей усовершенствованы электрогидромеханические аналогии процесса объемного рыхления почв. Исследованы параметры модульных элементов резания и определены их приемлемые значения.

В третьей главе приведены теоретические и экспериментальные исследования форм и основных параметров рабочих органов объемных рыхлителей. Разработан вариационный ряд объемных рыхлителей с переменным углом наклона и переменной кривизной боковых стоек. Изменения формы и параметры наклонных стоек, найдено пятнадцать вариантов рабочих органов. Основой для вариаций рабочих органов являлось получение дополнительной подъемной силы и увеличение коэффициента плотности рыхления.

Из разработанного ряда выбраны пять вариантов, в соответствии

с которыми изготовлены модели для испытания в гидравлическом лотке, где изучалось влияние глубины хода орудия, скорости его движения и угла наклона лемеха на тяговое сопротивление. В основу методики экспериментальных исследований в гидравлическом лотке положен метод математической теории планирования многофакторного эксперимента. Для нахождения математических моделей, описывающих зависимость тягового сопротивления рабочих органов от выбранных факторов, выбран стандартный план Бокса-Бенкена с варьированием факторов на трех уровнях. После обработки результатов эксперимента на ЭВМ получены пять адекватных $F = 0,72 \dots 3,41$, $F_{\text{max}} = 8,81$ уравнений регрессий для пяти типов рабочих органов, которые представлены в табл. 2. После оптимизации моделей методом градиента, с использованием ЭВМ, определены оптимальные значения угла α , которые приведены в табл. 2.

Анализ двумерных сечений поверхностей отклика при стабильных углах крошения /при оптимальных его значениях/ для пяти моделей позволил выявить форму рабочего органа, обладающую наименьшим сопротивлением /рис. 1/.

Исследована кинематика потоков почвенных частиц /выделенных объемов/ при воздействии рабочего органа. Производительность Q рыхлителя по объему разрыхляемой почвы равна:

$$Q = \frac{dW}{dt}$$

Изменение объема dW имеет полное приращение количества почвы в рассматриваемом элементе за промежуток времени dt :

$$dW = - \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) dx dy dz dt,$$

где \vec{v} - скорость частиц /выделенных объемов/ почвы, $W = dx dy dz$, или $\frac{dW}{dt} = -W \operatorname{div} \vec{v}$ - изменение объема частиц при изменении $\operatorname{div} \vec{v}$. При этом образуется поток почвенных частиц Q , равный:

$$Q = \int \operatorname{div} \vec{v} dW.$$



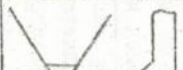
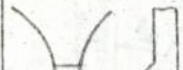

Вектор скорости $\vec{v}_{об}$ какой-либо точки В выделенного объема почвы относительно центра O с учетом скорости центра масс /рис. 2/ равен

$$\vec{v}_{об} = \vec{v}_{оА} + \vec{v}_{АВ}.$$

При этом скорость $\vec{v}_{оА}$, характеризующая перемещение в пространстве выделенного объема почвы с центром масс в точке А, состоит из

Таблица 2.

Результаты обработки экспериментальных данных гидродинамических испытаний моделей рабочих органов мелиоративных рыхлителей

№ мод.	Форма рабочего органа	Уравнение регрессии / после отбрасывания незначимых коэффициентов/	Значение фиксируемого фак. $\alpha_{опт}$	Уравнение регрессии при оптимальном стабильном угле крошения, $\alpha_{опт}$
1		$P = 243,8 + 28,8V + 45,8H + 13,75\alpha + 23,5VH + 9H\alpha + 28,2H^2 + 10,8\alpha^2$	$37,54^\circ$	$P = 231,5 + 27,3V + 43,5H + 23,5VH + 8,5V^2 + 25H^2$
2		$P = 233,8 + 24,9V + 49H + 18,6\alpha + 16,75VH + 21,75H\alpha + 34,2H^2 + 17,8\alpha^2$	$38,14^\circ$	$P = 225,1 + 24,3V + 45H + 16,7\alpha + 6,5V^2 + 31,7H^2$
3		$P = 265 + 43,9V + 53,6H + 23,2\alpha + 22,3VH - 21,6V^2 + 26,2H^2 + 18,8\alpha^2$	$37,55^\circ$	$P = 260,4 + 41,6V + 51,7H + 22,2VH - 21,6V^2 + 26,2H^2$
4		$P = 255,8 + 24V + 43,9H + 16,9\alpha + 15,8VH + 21,5H\alpha + 16,8H^2$	$37,50^\circ$	$P = 269,6 + 28,2V + 65,4H + 15,7VH - 20V^2 + 16,7H^2$
5		$P = 243,2 + 28V + 44,1H + 14,6\alpha + 25VH + 16,3H\alpha + 31,1H^2$	$38,30^\circ$	$P = 224,3 + 26,5V + 27,9H + 25VH - 74V^2 + 28,4H^2$

Примечание:

P - тяговое сопротивление модели рабочего органа, Н;

V - рабочая скорость, м/с;

 α - угол крошения, градус;

H - глубина хода модели, м

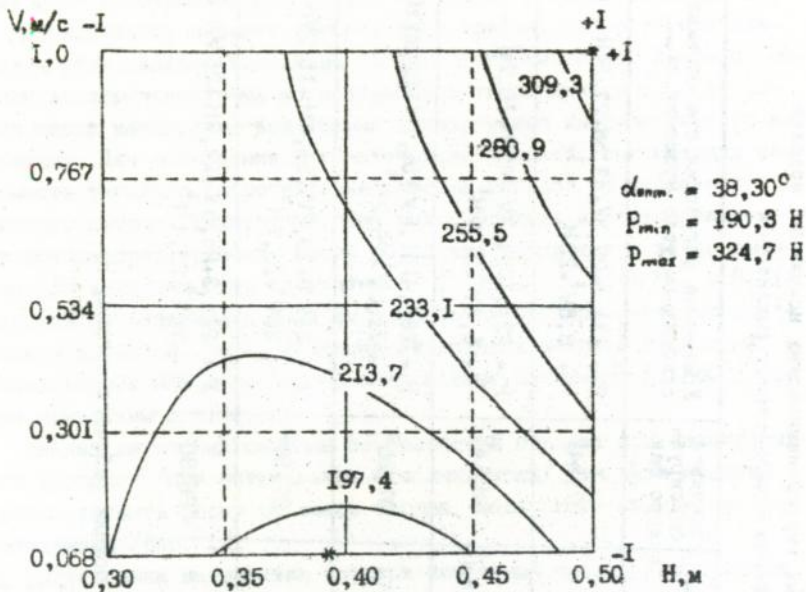


Рис. 1. Двумерное сечение поверхности отклика $P = \{v; H\}$ при оптимальном угле крешения $\alpha_{\text{опт}}$ для модели № 5/табл.2/

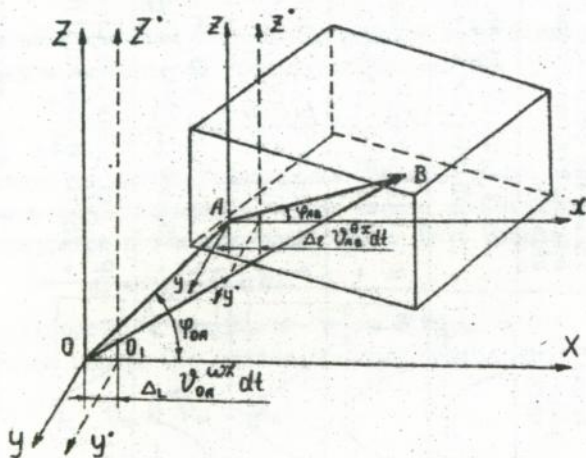


Рис. 2. Скорости почвенных частиц /выделенных объемов/.

линейной скорости $\Delta \bar{v}_{\omega}^{\omega}$ и вращательной скорости $\frac{1}{2} \text{rot } \bar{v}_{\omega}^{\omega}$, а скорость $\bar{v}_{\omega}^{\omega}$, определяющая деформацию выделенного объема в слое почвогрунта, из линейной составляющей деформационной скорости $\Delta \bar{v}_{\omega}^{\omega}$ и угловой скорости деформации равной $\frac{1}{2} \text{rot } \bar{v}_{\omega}^{\omega}$.

В гидравлическом лотке проведен опыт по определению динамического давления среды на поверхность рабочего органа. Динамическое давление измерялось с помощью трубок Пито. При движении рабочего органа образуется волна с высотой гребня Δh , при этом, показания трубок Пито изменяются на величину Δh_n :

$$h_i = h_i + \Delta h; \quad h_n = h_n + \Delta h_n.$$

где h_i - глубина погружения i -й трубки Пито;

h_n - показания трубок Пито;

индексом // обозначены возмущенные параметры.

Изменение показаний трубок Пито пропорционально скоростному напору:

$$\Delta h = \frac{\alpha v^2}{2g},$$

где α - коэффициент Кориолиса;

g - ускорение силы тяжести.

Применительно к потоку почвенных частиц это означает, что для увеличения деформации пласта /степени крошения/ необходимо увеличивать скорость режущего органа.

Для исследования основных параметров модульных элементов резания и характера их воздействия на почвенный пласт использован метод электрогидродинамических аналогий /ЭГДА/. Анализ моделей ЭГДА показал, что при больших углах заострения режущей кромки /60...90°/ наблюдается расширенная зона деформации. При этом направления векторов скоростей частиц /касательные к линиям тока/ от лобовой режущей кромки близко совпадают с направлением движения рабочего органа, что предопределяет появление уплотненного ядра впереди режущей кромки. При небольших углах заострения /30° и меньше/ происходит локализация зоны деформации. В этом случае векторы, касательные к линиям тока, направлены почти нормально к направлению движения рабочего органа, что свидетельствует об уплотнении боковых поверхностей прорезаемой щели.

Наличие камня впереди рабочего органа, моделируемое вырезами в электропроводной бумаге, приводит к асимметрии поля механичес-

ких напряжений и деформаций впереди рабочего органа, что вызывает возникновение боковых нагрузок и увод рабочего органа до непосредственного контакта с препятствием.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований технологического процесса объемного рыхления уплотненных тяжелых черноземов и его влияние на водно-физические свойства почвы.

В основу методики проведения полевых исследований положены методы, разработанные В.И.Баловневым, А.Ф.Вадвиной, Б.А.Доспеховым, С.А.Есенкуловым, С.Р.Нерпичем, К.И.Сараниным и др.

Исследования проводились на орошаемом опытном участке в колхозе им. Калинина Акимовского района. Территория участка расположена в южном агроклиматическом районе Запорожской области, почвы - черноземы южные остаточносолонцеватые, легкоглинистые, степень засоления - сильнозасоленные. Почвообразующими породами являются лесовые отложения, наблюдаются оглеения. При насыщении влагой до предельной влагоемкости они становятся практически водонепроницаемыми. Плотность почвы в горизонте 0,2...0,3 м составляет 1490...1600 кг/м³, что неблагоприятно сказывается на водно-воздушном режиме корнеобитаемого слоя.

При рыхлении с помощью рыхлителя РГ-0,5 М /базовый трактор Т-150/ проведено измерение тягового сопротивления рабочего органа. Установлено, что при увеличении глубины рыхления тяговое сопротивление возрастает по параболической зависимости. Большое влияние на его величину оказывает предварительная обработка почвы. Так, при глубоком объемном рыхлении после вспашки /глубина 0,22 м/, наблюдается снижение тягового сопротивления на 20% по сравнению с рыхлением после дискования /глубина 0,15 м/ и до 30% по сравнению с рыхлением по стерне.

Проводилось исследование параметров конуса рыхления почвы, образующегося впереди рабочего органа мелиоративного рыхлителя РГ-0,5 М /рис. 3/. Степень рыхления ϵ увеличивается по мере приближения к рабочему органу и, непосредственно перед ним, имеет значение близкое к единице. Величина угла скола ψ составила около 35°.

На основании хронометража построена циклограмма работы объемного рыхлителя, с помощью которой получена формула для определения производительности рыхлителя

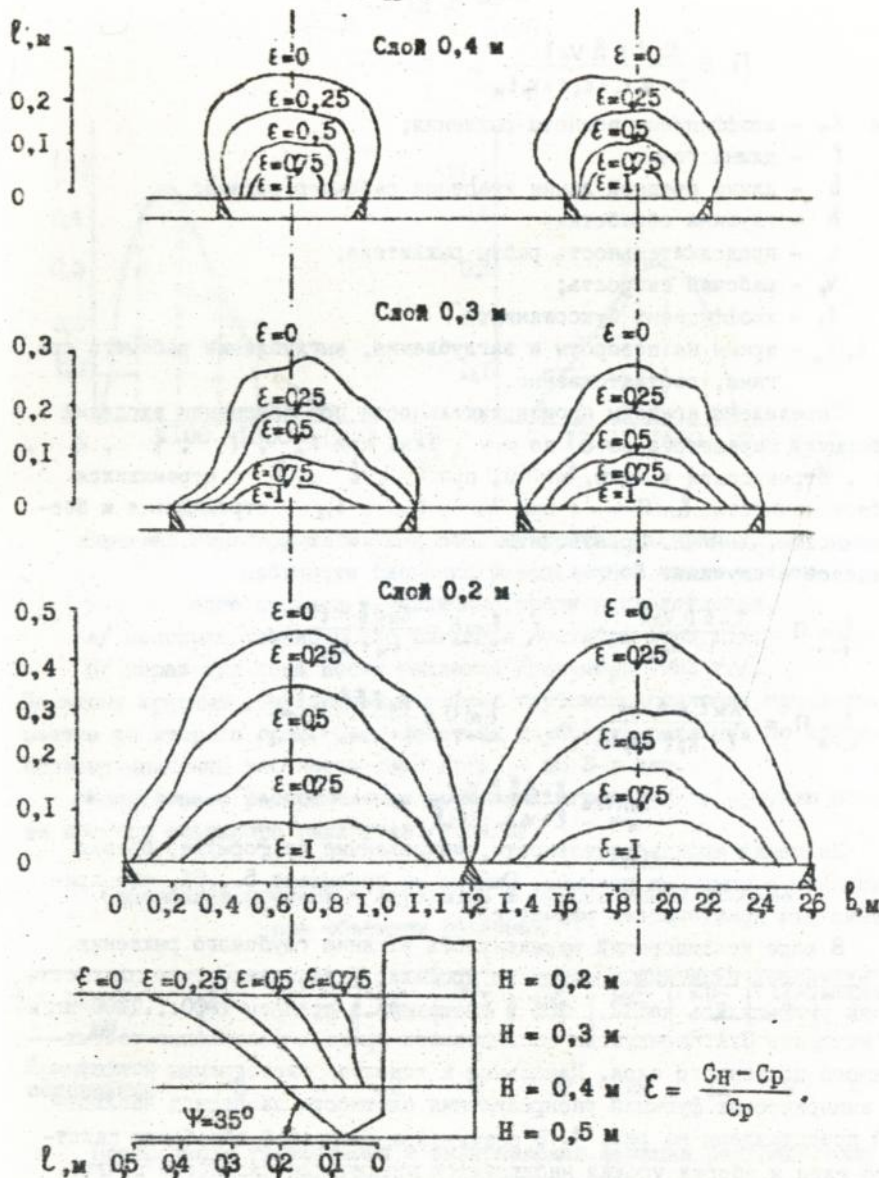


Рис. 3. Изолинии степени рыхления ϵ / C_H , C_p - число ударов динамического плотнмера СоваДорНИИ на неразрыхленной и рыхленной почве, соответственно/.

$$\Pi = \frac{K_n \ell B h V_p t}{\ell + V_p t_n + K_s \ell + V_p t_{12}}$$

где K_n - коэффициент полноты рыхления;

ℓ - длина гона;

B - длина средней линии трапеции рабочего органа;

h - глубина обработки;

t - продолжительность работы рыхлителя;

V_p - рабочая скорость;

K_s - коэффициент буксования;

t_n, t_{12} - время на повороты и заглубление, выглубление рабочего органа, соответственно.

Определены пределы производительности при изменении входящих в формулу параметров от 0 до ∞ . Так, при K_n, ℓ, B, V_p, h , стремящихся к нулю, $\lim \Pi = 0$; при K_n, ℓ, h , стремящихся к бесконечности, $\lim \Pi = \infty$; при t_n, K_s, t_{12} , стремящихся к бесконечности, $\lim \Pi = 0$. Производительность Π имеет конечные значения пределов в случаях:

$$\lim_{\ell \rightarrow \infty} \Pi = \frac{K_n B h V_p t}{1 + K_s}; \quad \lim_{V_p \rightarrow \infty} \Pi = \frac{K_n \ell B h t}{t_n + t_{12}};$$

$$\lim_{t \rightarrow 0} \Pi = \frac{K_n \ell B h V_p t}{\ell + K_s \ell + V_p t_{12}}; \quad \lim_{K_s \rightarrow 0} \Pi = \frac{K_n \ell B h V_p t}{\ell + V_p t_n + V_p t_{12}};$$

$$\lim_{t_n \rightarrow 0} \Pi = \frac{K_n \ell B h V_p t}{\ell + V_p t_n + K_s \ell}.$$

Значения производительности, вычисленные по формуле, близко совпадают с опытными данными. Ошибка не превышает 5...8%, что приемлемо для практических расчетов.

В ходе исследований определялось влияние глубокого рыхления на плотность сложения почвенного профиля. Установлено, что плотность почвы уменьшилась на 12...18% и составила в среднем 1000...1200 кг/м³. По методике С.А.Ешенкулова исследовался процесс уплотнения разрыхленного почвенного слоя. Начальные и конечные гистограммы и графики эмпирических функций распределения плотности за период наблюдений представлены на рис. 4. В результате ежегодной обработки пахотного слоя и уборки урожая наблюдается увеличение плотности почвы, что приводит к "вытягиванию" левой ветви кривой распределения и к увеличению среднего значения плотности. Наиболее интенсивно уменьшается вероятность появления значений плотности менее 1200 кг/м³.

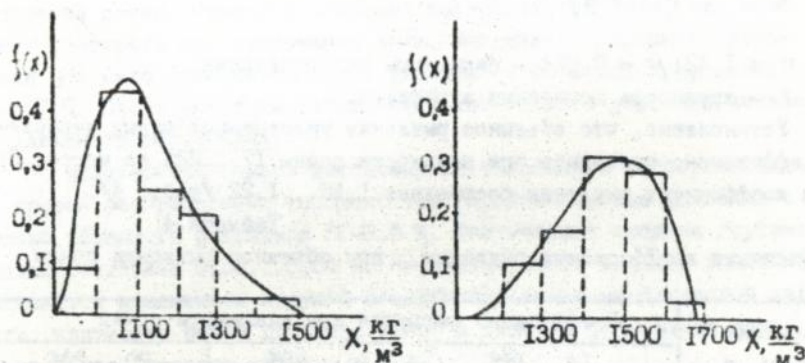


Рис. 4. Гистограмма и эмпирическая кривая распределения плотности сложения разрыхленной части почвенного профиля в различные сроки последействия.

- а/ непосредственно после рыхления /октябрь 1989 г./;
 б/ через три года после рыхления /сентябрь 1992 г./.

По этому критическому значению эффект глубокого рыхления прослеживается до второго года. Срок действия глубокого рыхления по критическому значению плотности 1300 кг/м³ - до 3-х лет.

Исследовано распределение почвенных агрегатов по профилю после прохода объемного рыхлителя /табл.3/.

Таблица 3

Содержание почвенных агрегатов в разрыхленном профиле при объемном рыхлении

Размер, мм	150	150-125	125-100	100-75	75-50	50-25	25-12	12-3	менее 3
Процентное содержание	3	5	2	9	17	39	12	9	4

Построенная гистограмма и эмпирическая функция распределения крупности почвенных агрегатов показали, что среднее значение крупности агрегатов составляет 35...42 мм, их содержание в профиле 26...30%. Проверка эмпирической функции на соответствие законам Вейбулла, гамма-распределения, логнормального распределения показала,

что наиболее близкое совпадение для рассматриваемого случая имеет место при использовании закона Вейбула:

$$P(x) = \mu^n x^{n-1} e^{-\mu x^n},$$

где $n = 1,42$; $\mu = 0,024$ - параметры распределения;

λ - крупность почвенных агрегатов.

Установлено, что объемное рыхление уплотненных жмых черноземов эффективно проводить при влажности почвы 17...22% по массе. При этом коэффициент рыхления составляет 1,16...1,22 /табл. 4/.

Таблица 4

Значение коэффициента рыхления при объемном рыхлении почвы

Горизонт почвы, м	Коэффициент рыхления при влажности почвы		
	14...16%	16...20%	20...24%
0,2...0,4	1,26...1,32	1,24...1,30	1,16...1,20
0,4...0,6	1,19...1,24	1,17...1,22	1,15...1,18

Примечание: коэффициент рыхления равен отношению плотности почвы до рыхления к плотности почвы после рыхления.

Глубокое объемное рыхление способствует перераспределению фракций физической глины и физического песка по профилю. Содержание физической глины в пахотном горизонте 0...0,2 м увеличивается на 7...8%. В пахотных слоях отмечаются случаи уменьшения содержания этой фракции на 5...6%, что объясняется разрушением иллювиального горизонта и механическим подъемом этих частиц в пахотный слой.

После глубокого рыхления изменился характер впитывания влаги в почву. Как показали полевые опыты, вода быстро заполняет макропустоты. Водопроницаемость в первые минуты составила 16...18 мм/мин, за первый час - 4,0...6,0 мм/мин. Влияние объемного рыхления на водопроницаемость связана с процессом уплотнения и наблюдается в течение 3-х лет. В целом, изменение скорости впитывания воды в почву описывается формулой А.Н.Костякова:

$$K_{\text{вп}}^0 = \frac{K_{\text{вп}}^0}{t^{\alpha}}$$

где $K_{\text{вп}}^0$ - скорость впитывания воды в почву в начальный момент времени; t - время; $\alpha = 0,3...0,42$ - коэффициент, учитывающий состояние почвы /по опытным данным/.

Глубокое объемное рыхление на фоне орошения дождеванием при-

вело к перераспределению солей в почвенном профиле. Особенно это заметно для анионов хлора, которые накапливаются в нижних горизонтах 0,6...0,7 м. Замедляются процессы магниевого и натриевого осолонцевания почвы. Отмечено снижение содержания кальция, что необходимо учитывать при гипсовании почв. Значение водородного показателя рН мало изменялось после рыхления и осталось в пределах 7,5...7,9. После рыхления наблюдается интенсивное усвоение питательных элементов растениями.

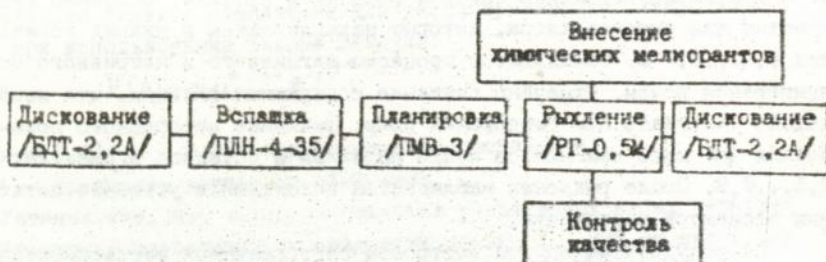
По результатам опытов построены гистограмма и экспериментальная кривая распределения вероятностей глубины борозды рыхления с помощью объемного рыхлителя РГ-0,5 М. Фактическая средняя глубина борозды составила 0,53...0,54 м. Неравномерность глубины рыхления объясняется изменением несудей поверхности из-за неодинаковой влажности, плотности почвы по длине гона, а также в результате наездов на комья, остатки дернины и т.д.

В пятой главе представлены технологические комплексы по глубокому рыхлению в зависимости от состояния почвенного профиля, наличия дернового покрова и степени уплотнения почвы. При этом, все операции разделены на вспомогательные, основные и заключительные, характер которых может изменяться в каждом конкретном случае. Некоторые примеры технологических схем приведены на рис. 5. Во всех схемах рекомендовано выполнять объемное рыхление на глубину 0,6 м. Однако, через три года повторное рыхление целесообразно выполнять не на полную глубину хода 0,6 м, а на глубину 0,45...0,5 м, так как повторные уплотнения не всегда доходят до разрыхленного нижнего слоя. В этом случае сокращается энергоемкость процесса мелиоративной обработки почвы, повышается производительность работ.

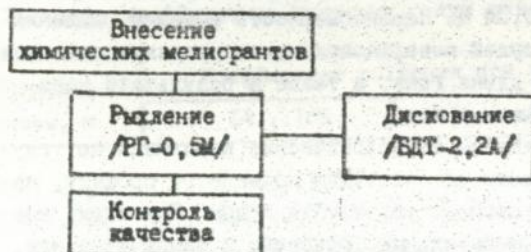
Разработана блок-схема контроля параметров при выполнении работ по глубокому объемному рыхлению, в которой представлен перечень операций, выполняемых при контроле, а также критерий соответствия фактических параметров рыхления предъявляемым требованиям и способы устранения недопустимых отклонений.

С использованием результатов исследований создано два типоразмера рыхлителей объемного действия для обработки маломощных южных черноземов на глубину 0,4...0,6 м /РГ-0,5 М/ для агрегатирования с тракторами класса тяги 30 и 50 кН.

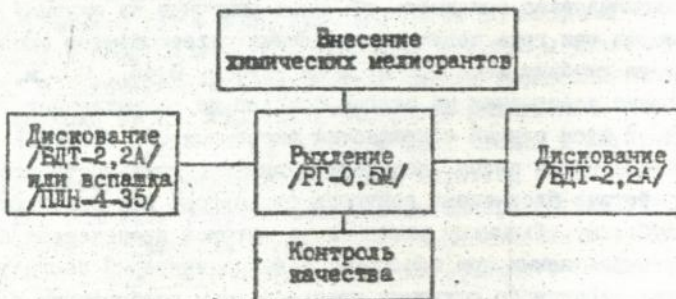
Годовой экономический эффект от внедрения разработанной технологии за счет сокращения количества операций в течение срока последствий глубокого объемного рыхления по сравнению с зональной



а/ Тяжелые задернованные почвы



б/ Почвы со слабой дерниной



в/ Тяжелые сильно уплотненные почвы

Рис. 5. Примерные технологии производства работ по глубокому объемному рыхлению

технологией составил 4016 руб. /в ценах 1990 года/. На опытных делянках возделывали кукурузу и кормовую свеклу. За счет получения чистого дохода от прибавки урожая затраты на проведение глубокого рыхления окупаются в течение первого года.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ

1. Опыт эксплуатации оросительных систем на маломощных южных черноземах показывает, что в результате антропогенного воздействия происходит уплотнение почвы на большую глубину. При этом изменяются ее водно-физические свойства, происходит обесструктурирование почвы, оглеение и стилизация. Плотность подпахотных слоев увеличивается и достигает 1600...1650 кг/м³, снижается водопроницаемость почвы.

2. В результате исследований усовершенствована технология разуплотнения /деструкции/ почвенного профиля с применением объемного рыхления на глубину 0,4...0,6 м. После объемного рыхления почва распадается на отдельные комья, почвенные агрегаты пронизываются сетью трещин, создаются условия для формирования новой макроструктуры почвенного профиля. При объемном рыхлении не происходит оборота пласта и не образуются вертикальные открытые щели.

3. В результате объемного рыхления улучшаются водно-физические свойства почвы, замедляются процессы осолонцевания почвенного профиля:

- плотность сложения почвенного профиля снижается до 1100...1150 кг/м³, наибольшее разуплотнение наблюдается на глубине 0,3...0,5 м, при этом плотность почвы уменьшается на 250...450 кг/м³;

- механическая деструкция почвы обеспечивает повышение ее пористости на 5...8% и водопроницаемости в 6...8 раз; увеличивается продуктивный запас почвенной влаги /50...80 мм/, влага перераспределяется по почвенному профилю и используется корневой системой растений в вегетационный период. Влажность почвы на участках объемного рыхления на 2...3% больше, чем на контроле. Для сохранения почвенно-поглощающего комплекса в условиях повышенной водопроницаемости и орошения дождеванием рекомендовано внесение гипсосодержащих мелиорантов, таких как фосфогипс, гипс и др.

4. При глубоком объемном рыхлении черноземная почва крошится по всему профилю. Происходит разрушение иллювиального горизонта, плужной подошвы и общих уплотнений. Почвенные агрегаты по профилю

имеют различную плотность, которая убывает по мере увеличения глубины. С течением времени происходит уплотнение почвенных слоев. Кривая распределения плотности вероятности изменяется - более крутой становится ее левая ветвь, а среднее значение перемещается по оси абсцисс.

5. Разработана методика поиска приемлемых вариантов объемных мелiorативных рыхлителей с заданными параметрами на основе вариационных рядов, составленных с помощью морфологического метода и гидромеханического моделирования. Разработка схемы и конструкции рабочего органа осуществлялась на основе системного подхода: вариационные ряды рабочих органов - гидромеханические испытания моделей рабочих органов в натуральную величину в гидравлическом канале полевые испытания наиболее приемлемых образцов рабочих органов - решение вопроса о выборе приемлемой конструкции на основании комплекса выполненных исследований.

6. Разработана технология объемного рыхления уплотненных маломощных тяжелых черноземов с применением V-образных рыхлителей конструкции ВНИИГум и усовершенствованных автором по результатам исследований, обеспечивающая соблюдение заданных требований. Продолжительность действия объемного рыхления на маломощных тяжелых черноземах 2...3 года, хотя его последствие наблюдается в течение 4-х лет. С помощью разработанной технико-экономической модели определены комплексы машин и типоразмерный ряд объемных рыхлителей, применительно к тракторам класса тяги 50 кН и 30 кН, с глубиной хода 0,4...0,6 м. На основании проведенных полевых испытаний определены их энергоемкость и тяговые сопротивления, что позволяет обоснованно выбирать базовый трактор. Рекомендуется на черноземных почвах использовать гусеничные машины, которые меньше уплотняют почву. Составлена циклограмма глубокого объемного рыхления, на основании которой получены формулы для расчета производительности при изменениях основных параметров технологического процесса. Применение рекомендованной технологии объемного рыхления приводит к повышению урожайности сельскохозяйственных культур на 15...20%, снижению удельных расходов воды на единицу продукции при сохранении оросительных и поливных норм.

ОСНОВНЫЕ ПОДСОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ АВТОРА

1. Оптимальная технология полива ДМ "Кубань" в условиях юго-востока

- ка Украины: Тез. докл. конференции "Повышение эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве". - Новочеркасск, 1989. - С. 117. /соавторы Олешко И.Д., Савченко А.Д./.
2. Деструкция уплотненного почвенного профиля с применением объемных рыхлителей // Технические средства для интенсивных технологий сельскохозяйственного производства. Сб. науч. тр. МИИСП. - М., 1991. - С. 31...34.
 3. Глубокое рыхление черноземных почв: Тез. докл. научно-технической конференции АЧМССХ. - Черноград, 1992.
 4. Методические указания по испытаниям рабочих органов в гидравлическом лотке. - М.; МИИСП, 1992. - 8 с. /соавторы Казаков В.С., Кожевникова Н.Г., Ворогушин Г.В./.
 5. Положительное решение по заявке на изобретение № 4936311/15 Рыхлитель почвы /соавторы Казаков В.С., Лобунец Н.Е. и др. от 12.12.91 г./.

Тамара

Ab 26.924

Ab 26.924