

УДК 631.51

РАЗРАБОТКА НОВЫХ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

**И.В. КОБОЗЕВ, Г.С. МАРКИН, Э.А. ЦВИРКО, А.И. ПАШКОВ, Н.Н. ЛАЗАРЕВ,
Э.Э. ТЕМИРСУЛТАНОВ**

(Отраслевая научно-исследовательская лаборатория технологий и механизации орошения сенокосов и пастбищ, кафедра луговодства, кафедра земледелия и методики опытного дела)

Приводятся результаты разработки новых ресурсосберегающих технологий обработки почвы на пахотных землях и лугах. Основная идея сводится к тому, что предотвращение уплотнения подпахотного горизонта, разрушения структуры почвы, ветровой и водной эрозии достигается путем замены обычных пассивных лемешково-плоскорезных органов активными, изготовленными в виде гибких рабочих горизонтальных и вертикальных вибрирующих органов (штанг и струн) с принудительным или спонтанным приводом. Указывается, что обычную вспашку в ряде случаев целесообразно заменить объемным рыхлением, производимым гибкой струной, воздухом или вертикальными рыхлителями. Предлагаются оригинальные способы улучшения кормовых угодий и борьбы с сорняками. В последнем случае гербициды наносят на сорные растения с помощью смоченной ленты («фитиля»).

Концептуальные основы исследований

В ряде работ [15, 32—34] показано, что каждый агроприем вносит в продукционный процесс агроэкосистемы «колебания», вызываемые тем, что добавленные техногенная энергия и вещество подаются не в виде постоянного потока, а порциями. Чем больше эти порции, тем сильнее колебания. Последние, достигая определенной амплитуды, превышающей адаптивный потенциал агроэкосистемы, становятся уже стрессовыми. В этих же работах развивается концепция стрессовых и кризисных ситуаций в агроэкосистемах, а также информационного, формального и объективного сходства процессов, происходящих в биосфере, ее элементах и окружении. Причем под агроэкосистемой автор понимает единый природно-хозяйственный комплекс, образованный живыми организмами, в том числе человеком, средой их обитания и антропогенными образованиями, в котором живые и косные элементы связаны между собой и человеческим сообществом потоками энергии и вещества.

Развитие биосферы, составной частью которой является человечество, поставило перед последним в связи с ростом народонаселения задачу усиления продукционного процесса, т.е. задачу улучшения использования энергии солнца. Это достигается только через стимулирующее «вливание» антропогенной энергии, которое должно производиться на основе расширения и углубления информации. В работе показано, что антропогенная прибавка энергии и вещества в агроэкосистему в опре-

деленных пределах вызывает видную и скрытую прибыль их в биосфере (экосистеме), однако дальнейшее увеличение дозы этого антропогенного добавления приводит не только к снижению прибыли, но и к замедлению продукционного процесса, а также к росту видной и скрытой диссипации биосферных ресурсов [15].

Исходя из приведенных выше теоретических положений и, следовательно, необходимости снижения отрицательного антропогенного воздействия на среду, в частности, в процессе производства растениеводческой продукции при разработке новых технологий и орудий для обработки почвы мы исходили из принципа «природа знает лучше», и поэтому считали, что процессы искусственного ее рыхления должны в наибольшей мере как бы копировать естественные явления повышения порозности верхнего горизонта почвы. Нами были принята следующая схема исследований: патентный поиск — изучение научной литературы и передового опыта по обработке почвы — разработка принципиально новых технологических схем и способов обработки почвы — создание устройств для их реализации — экспериментальная проверка — производственная проверка.

Полевые опыты и испытания проводились в 1973—1994 гг. в Кировоградской области и в Крыму (чернозем обыкновенный, глубокий, тяжелосуглинистый); Ставропольском крае и Ростовской области (чернозем обыкновенный, солонцеватый, тяжелосуглинистый); Московской и Калужской областях на дерново-подзолистых поч-

вах (от тяжелого суглинка до легкой супеси).

Условия и методика проведения исследований наиболее полно освещены в ранее опубликованных работах [2, 7, 29, 30, 32, 35].

Оптимизация сроков и способов обработки почвы с целью снижения техногенного воздействия на почвогрунты

Как известно [33], наибольшее снижение отрицательного техногенного воздействия на почву и биогеоценоз в целом достигается на землях, занятых сеянными многолетними травами, культурными сенокосами и пастбищами. Вместе с тем отсутствие последних вынуждает организовывать зеленый конвейер за счет возделывания полевых культур.

В условиях лесостепной и степной зон наиболее надежным, экологически безвредным способом создания зеленого конвейера является возделывание люцерны и люцерно-злаковых травостоев при орошении [2, 33, 34]. Однолетние культуры требуют частой вспашки, рыхления почвы и внесения удобрений, в том числе органических, а иногда и применения химических средств защиты от сорняков, вредителей и болезней. Каждая из названных операций может вызывать стресс, а иногда и микрокатастрофу в затрагиваемой ими подсистеме биогеоценоза, что выразится в разрыве сложившихся связей между элементами экосистемы. Разберем более подробно ряд агромелиоративных приемов с точки зрения их влияния на агроэкосистемы. Так, при традиционной обработке почвы с оборотом пласта

происходит разрушение сложения почвы: ее структурные образования разрушаются, сминаются, перемещаются в пространстве. Слои почвы в этом случае не столько перемешиваются и разрыхляются, сколько меняются местами, причем верхние, насыщенные органическими веществами, аэробной «биотой» слои сбрасываются вниз, а нижние, бедные органикой, часто подкисленные, населенные анаэробными микроорганизмами слои поднимаются вверх. Одновременно происходит разрушение мест обитания не только вредной, но и полезной микрофауны. В результате имеет место своеобразная микрокатастрофа на уровне микрофлоры и микрофауны. Более того, такая обработка почвы ведет к ухудшению условий прорастания семян высеваемых культур, так как они попадают в слой почвы, обедненный элементами питания и биологически активными соединениями, стимулирующими рост проростков. К причинам ухудшения прорастания семян относится и ослабление их контакта с почвой, и сокращение капиллярного подтока питательного раствора и влаги. При отсутствии осадков вспашка ведет к ухудшению влагообеспеченности семян и микрофлоры. В этой связи возникает необходимость прикатывания после дополнительного рыхления пашни. Создается парадоксальная ситуация, при которой земледelec первоначально затрачивает энергию на разрыхление и измельчение почвы, увеличивая при этом общую поверхность ее структурных образований, а следовательно, ее свободную энергию, а затем снова расходует энергию на повышение плотности пахотного слоя и

снижение свободной энергии в нем. Следует отметить, что многие культурные растения большую часть вегетационного периода растут при равновесной относительно высокой плотности почвы. Все это свидетельствует о несовершенстве методов обработки почвы, однако есть другой, более сильный отрицательный момент, проявляющийся в последнее время в связи с применением тяжелой широкозахватной почвообрабатывающей техники и металлоемких энергетически насыщенных тракторов. Увеличение ширины захвата орудия в 2 раза ведет к увеличению его металлоемкости в 3,0—4,0 раза и непроизводительным затратам энергии на перемещение агрегата. Повышение суммарного тягового сопротивления почвообрабатывающих орудий обуславливает применение более тяжелых тракторов, а последнее вызывает часто не только разрушение дренажных систем, но и снижение эффективности их работы из-за уплотнения подпахотных горизонтов почвы и образования плотного столбчатого влагонепроницаемого слоя. Боронование, культивации, вспашки, проезды уборочной и транспортной техники только закрепляют этот процесс, который к тому же усиливается из-за образования плужной подошвы. Во влажных регионах и на орошаемых землях после вспашки из рыхлого верхнего пахотного слоя на плужную подошву и ниже вымываются не только окислы и соли, но и легкие фракции гумуса, тем более что гумусовый слой сброшен на дно пахотной борозды. Данный процесс, как показали наши исследования, на дерново-подзолистых почвах усиливается

при внесении кислых форм удобрений [29, 31]. С другой стороны, уплотнение подпахотного слоя способствует капиллярному поднятию солей, в том числе и вредных, к плужной подошве, где они откладываются, так как сверху находится рыхлый пахотный горизонт с разрушенными капиллярами. Таким образом, плотный подпахотный горизонт наращивается как бы и сверху и снизу. Именно этим объясняется в наших опытах высокая эффективность глубокого мелиоративного безотвального рыхления [1, 3, 31].

Образование плотного подпахотного слоя способствует переходу стресса и микрокатастрофы в мезо- и мегакатастрофу в агроэкосистеме, но если этот плотный слой занимает большие площади, что имеет место на орошаемых землях, особенно черноземах, то можно говорить уже о региональной и даже глобальной катастрофе в одной из важнейшей подсистем биогеоценоза — почве. Образование плотного слабовлагопроницаемого слоя приводит не только к засолению почв, но и к плохому проникновению в них осадков и оросительной воды, увеличению внутрипочвенного и поверхностного стоков, эрозии пахотного горизонта. При этом в агроэкосистеме учащаются микрокатастрофы, вызываемые быстрой сменой избытка влаги и недостатком воздуха в верхнем слое, дефицитом воды в нем. В данном случае у растений формируется корневая система, расположенная в пахотном горизонте над плотным слоем. После орошения или выпадения дождей отмирает ее нижняя часть, а после быстро наступающе-

го из-за внутрипочвенного и поверхностного стоков дефицита влаги она восстанавливается, но активные верхние корни пробковеют и теряют всасывающие волоски [31]. Такое явление ведет к потере урожая надземной массы растений. Поэтому глубокое безотвальное рыхление почвы, прерывистое щелевание даже на многолетних травах дают положительный эффект [3, 31].

В полевых севооборотах необходимость рыхления пахотного слоя, особенно при орошении, очевидна. Важно его оптимизировать. Преимущество отвальной осенней (зяблевой) вспашки по сравнению с весенней заключается не только в улучшении накопления влаги, но и в разном воздействии их на «биоту» почвы. При вспашке с оборотом пласта осенью почвенная микрофлора подвергается меньшему стрессу, чем весной. Если осенью микробиологическая активность почвы уменьшается, то с наступлением весны она постепенно увеличивается, усиливается развитие микрофлоры. При обороте пласта верхняя часть почвы, насыщенная активными аэробными микроорганизмами (в том числе азотфиксаторами), сбрасывается на дно борозды, где условия жизни последних резко ухудшаются, т.е. происходит снижение микробиологической активности верхнего слоя почвы в самый ответственный момент формирования агрофитоценоза. Поэтому весной и летом при посеве повторных и пожнивных культур лучше проводить безотвальное рыхление почвы. Производственные опыты в ЭПХ «Мир» Красногвардейского района Крымской области показали, что повторные и пожнивные посевы кукурузы

рядовым способом на орошаемых землях при отвальной вспашке давали до 200—270 ц зеленой массы, а при безотвальной — до 300—350 ц на 1 га. В совхозе «Хвостовичский» Калужской области в среднем за 3 года викоовсяная смесь после уборки озимой ржи на зеленый корм при отвальной вспашке и культивации имела урожайность 130 ц/га, а при перекрестном дисковании в 2 следа — 176; при лучении лемешковыми лучильниками и культивации — 151 ц/га. Особенно сильные различия наблюдались во влажном 1993 г. в КПЗ «Заря Подмосковья» Московской области. Урожайность повторных культур (горчицы и викоовсяной смеси) при 2-кратном дисковании после уборки озимых в фазу колошения была на 30—40% (на 45—57 ц зеленой массы на 1 га) больше, чем при отвальной вспашке и культивации.

Следует отметить, что урожайность пожнивных и повторных культур в огромной степени определяется сроками посева. Производственный опыт совхоза «Микауцы» (Молдова), ЭПХ «Мир» свидетельствует, что задержка с посевом пожнивной кукурузы на силос на 2 недели уменьшает урожай зеленой массы на 22—37 ц/га. Это объясняется тем, что фазы наиболее активного роста отодвигаются на поздние сроки с меньшей солнечной активностью. Еще большая разница отмечена в условиях Московской области (табл. 1). В связи с этим лучше поступиться качеством рыхления почвы, ограничившись безотвальной обработкой или дискованием, чем упустить сроки для активного роста повторной культуры.

**Урожай зеленой массы пожнивной кукурузы при разных сроках сева
и способах обработки почвы**

Способ обработки почвы и срок посева	Кукуруза после ячменя		Кукуруза после оз. пшеницы на моникорм, ГПЗ «Заря Подмос- ковья», 1993 г.
	ЭПХ «Мир», 1984—1985 гг.	совхоз «Микауцы», 1986—1987 гг.	
Вспашка на 25 см + культивация при ороше- нии ШД-25/300, посев через 2 нед после уборки предшественника	272	215	102
Дискование 2-кратное в 2 следа при посеве после уборки предшественника через:			
2—3 дня	325	298	158
2 нед	278	252	—
Безотвальная вспашка на 22—25 см и дискование в 2 следа при посеве через:			
2—3 дня	355	—	—
2 нед	300	—	—
НСР ₀₅	27	29	—

В условиях орошения в Кировоградской, Ростовской областях и в Ставропольском крае посев люцерны под покров ячменя после весновспашки давал несколько худшие результаты (в год посева), чем при зяблевой обработке почвы не только по урожайности, но и по другим показателям, в том числе по полевой всхожести, густоте посевов перед скашиванием травостоя, развитию симбиотического аппарата (табл. 2).

Яркие различия по срокам основной вспашки особенно хорошо выражены при внесении соломы. Запахивание соломы весной в противоположность осенней ее запахке практически не оказало положительного влияния на урожайность люцерны в 1-й год, но снизило пол-

еую всхожесть из-за ухудшения сложенности почвы перед посевом.

Весной имело преимущество объемное безотвальное рыхление почвы, особенно при предварительной заделке соломы дискованием. Последнее способствовало улучшению развития симбиотического аппарата люцерны. Мы это связываем не столько с улучшением углеводного питания свободживущих клубеньковых бактерий, сколько с оптимизацией биохимических, микробиологических и физиологических процессов в почве в целом и с улучшением водно-воздушного режима, в частности.

Анализируя процесс взаимодействия рабочих органов почвообрабатывающих орудий и почвы, мы пришли к выводу, что основная доля

Т а б л и ц а 2

**Урожай люцерны 1-го укоса в год посева (в условиях орошения под покров
ячменя) при разных сроках и способах основной обработки почвы**

Способ и срок обработки	Полевая всхо- жесть, %	Густота посева, шт/м ²	Количество развитых клубеньков, шт/раст	Масса клубеньков, г/раст	Урожай сухого вещества на 1 га, ц
-------------------------	------------------------------	---	--	--------------------------------	--

Кировоградская обл., 1975—1976 гг.

(предшественник — сахарная свекла) НСР₀₅ 5,2 ц/га

Зяблевая вспашка с обо- ротом пласта	37,6	175	49	0,829	32,6
Весенняя вспашка с обо- ротом пласта	30,2	139	23	0,390	27,4

Ставропольский край, чернозем обыкновенный, 1980—1981 гг.

(предшественник — кукуруза на силос) НСР₀₅ 6,8 ц/га

Зяблевая вспашка с обо- ротом пласта	41,2	181	40	0,957	36,3
Весенняя вспашка с обо- ротом пласта	31,5	156	14	0,285	28,5

Ростовская обл., чернозем обыкновенный, 1983—1984 гг.

(предшественник — озимая пшеница) НСР₀₅ 2,4 ц/га

Зяблевая вспашка с обо- ротом пласта без соломы	38,4	180	47	0,705	29,4
То же с запахиванием соломы 23,0 ц/га	37,0	185	64	0,973	33,0
Весенняя вспашка с обо- ротом пласта без соломы	33,0	158	43	0,806	25,0
То же с запахиванием соломы, разбросанной осенью	30,4	140	40	0,873	25,6
Весеннее объемное без- отвальное рыхление поч- вы без соломы	35,9	165	49	0,783	30,3
Весеннее объемное без- отвальное рыхление поч- вы с разбрасыванием со- ломы осенью и заделкой ее весной дискованием в два следа	33,0	170	58	0,977	32,9

энергии, затрачиваемой при рыхле-
нии, тратится не на разрушение свя-
зей между структурными почвенны-
ми образованиями, а на преодоле-
ние силы трения. В модельных опы-

тах установлено, что уменьшение
площади поверхности лапы плоско-
реза в 1,5 раза практически во столь-
ко же раз снижало тяговое сопро-
тивление. В случае придания вибра-

ции рабочему органу тяговое сопротивление снижалось на 30—120% при одновременном улучшении крошения почвы. При плохо отполированной поверхности рабочего органа тяговое сопротивление может увеличиваться на 20—70%.

Следует отметить, что традиционные рабочие органы в процессе взаимодействия с почвой рыхлят ее за счет поднятия, смещения и оборота пласта, однако в то же время гладкая их поверхность препятствует рыхлению, так как происходит сдавливание почвенных структур и их заглаживание, из-за чего и происходит образование плужной подошвы и уплотненных, гладких, плохо рыхлящихся комков и глыб с «бликами» [5], особенно если почва переувлажнена и имеет тяжелый механический состав или повышенное содержание солей.

Обычные пассивные почвообрабатывающие органы (лемехи, отвалы, плоскорезы) оказывают не только вертикальное давление на почву, но и производят боковое сминание ее. То же можно сказать и о шипах гусениц и протекторах колес тракторов. При этом увеличение ширины рабочего захвата орудия ведет к гораздо большему повышению отрицательного техногенного воздействия на почву, поскольку основная часть тягового сопротивления почвы через сцепку и крюк передается на движитель трактора, а через него возвращается опять в виде силы вертикального и бокового давления на почву. К массе трактора добавляется и большая часть тягового усилия. Собственно говоря, для самого непосредственного рыхления почвы нужно 5—15% энергии, затрачиваемой на вспашку. Остальная энергия

не просто подвергается диссипации, но и наносит вред почве. Например, давление, оказываемое на среднесуглинистую почву трактором К-701 при вспашке на глубину 22—25 см с помощью 8-корпусного плуга, передается на глубину до 1,5 м. При этом культивация, боронование (т.е. рыхление верхнего слоя) только увеличивают уплотнение подпахотного горизонта почвы из-за многократно повторяющихся проездов тракторов.

Несовершенство почвообрабатывающих орудий диктует необходимость выбора оптимального срока проведения вспашки, культивации и т.д. и уменьшения продолжительности периода их проведения, что, в свою очередь, требует применения энергонасыщенных тракторов и широкозахватной техники. В результате круг замыкается. Более того, современная широкозахватная техника практически не приспособлена для адаптивно-ландшафтного земледелия, о целесообразности развития которого говорится в работах последних лет [32—34].

Применение почвообрабатывающих орудий с активным приводом [6], например ротационных плугов и фрез типа ФБН-2, ФП-2 и др., имеет по сравнению с пассивными обрабатывающими рабочими органами то преимущество, что тяговое усилие практически не участвует в обработке почвы и перемещении агрегата, на почву давит практически только масса трактора. Однако эти орудия имеют недостаток, связанный с применением Г-образных ножей, которые сминают и распыляют почвенные агрегаты и для привода требуют значительных затрат энергии.

В последнее время все больше уделяется внимания противоэрозионным обработкам почвы с применением плоскорезов, штанговых культиваторов или приспособлений для образования замкнутых лунок, шелевателей-кротователей [6].

Широко пропагандирует совмещение операций и применение комбинированных почвообрабатывающих машин и агрегатов [1, 6]. Одним из недостатков этих агрегатов является то, что, по существу, они представляют собой продольную сцепку (поезд) отдельных орудий. Первоначально идет вспашка, затем разрыхление пласта, выравнивание и прикатывание почвы, т.е. операции осуществляются последовательно, хотя и за один проход. Из-за этого ширина захвата уменьшается, а длина сцепки увеличивается, что также создает неудобства в эксплуатации, особенно на сложных и мелкоконтурных участках. В связи с этим необходимо создать принципиально новые орудия, которые за один проход доводили бы почву до заданного состояния, отличались малогабаритностью и меньше потребляли энергии.

Разработка ресурсосберегающих противоэрозионных способов почвы и устройств для их реализации

Наиболее радикальным способом совершенствования обработки почвы является, по нашему мнению, замена традиционных плугов и плоскорезов орудиями объемного рыхления почвы, без оборота пласта и образования плужной подошвы. В настоящее время нами предложен ряд способов почвозащит-

ной объемной обработки почвы и орудий для их реализации [4, 8—28]. При этом рабочими органами, помимо виброспоскорезов [8, 9, 22, 24, 25] и вибрирующих вращающихся штанг [4, 25, 28], могут являться горизонтальные, наклонные или вертикальные вибрирующие струны, которые вращаются принудительно или за счет наличия эксцентричных втулок-амортизаторов [8, 10, 13, 16—26]. Такие орудия рекомендуются для объемного безотвального рыхления почвы как с заделкой удобрений и стерни, так и с сохранением последней, с проведением прерывистого шелевания или кротования [16, 17]. При этом может быть произведено не только сплошное рыхление, но и поделка вертикальных и горизонтальных прямоугольных, клиновидных, трапецевидных, ромбовидных в сечении рыхлых полос, чередующихся с плотными, с локальным сохранением стерни [8, 16, 17, 24]. Первые эксперименты в условиях Ростовской области и ГПЗ «Заря Подмосковья» показали, что объемное рыхление гибкими струнами позволяет сократить затраты энергии в 3—7 раз и избежать уплотнения подпахотного горизонта. При этом без ущерба для производительности труда и при улучшении качества обработки почвы можно применить вместо тяжелых тракторов Т-150К или К-700 трактор Т-25А.

Объемная обработка почвы гибкими или полужесткими виброорганами особенно эффективна на орошаемых черноземах и засоленных землях, поскольку она осуществима даже при высокой липкости почвы и не связана с применением тяжелых

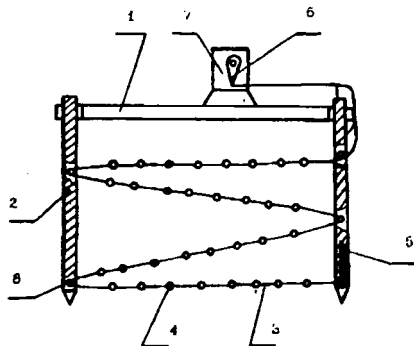


Рис. 1. Схема устройства для безотвально-го объемного рыхления почвы с принудительным приводом рабочего органа.

1 — рама; 2 — нож-щелерез; 3 — гибкий подрезающий орган в виде струны; 4 — утолщения на струне; 5 — эластичный элемент; 6 — кривошип; 7 — привод; 8 — подшипники.

тракторов. Проведение дальнейших научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в этом направлении может дать очень большую практическую выгоду.

Рабочий орган у этих почвообрабатывающих орудий представлен вибрирующей струной, которая выполнена в виде многожильного тросика. Вибрация осуществляется с помощью автономно вращающейся эластичной втулки или пружины. При этом струны закреплены в определенном порядке на стойках щелерезов или плоскорезов с углом атаки [16]. Верхние струны располагаются спереди. За счет вибрации и спонтанного вращения струны обеспечивается объемное, очень качественное рыхление почвы. При этом энергетические затраты на обработку почвы, тяговое усилие в несколько раз меньше, чем при использовании плоскорезов. Дело в том, что коэффициент трения струны и почвы в данном случае из-за

вибрирования даже меньше, чем у плоскореза. Кроме того, у последнего площадь трения в сотни раз больше, чем у струны. Тросики при попадании на камни перекатываются по ним. Вибрирующие струны позволяют обрабатывать почву без образования плужной подошвы [10, 13, 14, 16, 19—21, 23].

Одним из примеров безотвально-го орудия может явиться устройство, схема которого представлена на рис. 1 [21]. Оно состоит из рамы 1, ножей-щелерезов 2, гибкого подрезающего органа в виде струны 3, расположенного зигзагообразно по высоте и ширине ножей-щелерезов в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Подрезающий орган 3 может иметь утолщения 4. Он закреплен одним концом на эластичном элементе 5, а другим — на кривошипе 6 привода 7, приводимого от ВОМ трактора. Подрезающий орган 3 опирается на подшипники 8, выполненные определенным образом. При движении устройства в почве ножи-щелерезы разрезают пласт в продольно-вертикальной плоскости, а гибкий подрезающий орган 3 режет и рыхлит пласт в нескольких наклоненных под разными углами к горизонтали плоскостях. Утолщения и гибкий подрезающий орган совершают возвратно-поступательные колебания и вибрируют под действием системы: упругий элемент 5 — вибратор с кривошипом 6 и приводом 7. Это улучшает рыхление почвы и уменьшает тяговое сопротивление.

Особый интерес представляет разработка способов обработки почвы и орудий со струнными рабочими органами, которые производят рыхление с поделкой чередующихся

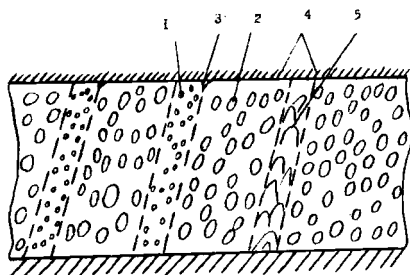


Рис. 2. Способ противэрозионной объемной обработки почвы.

1 — очень рыхлая, дважды обработанная полоса; 2 — рыхлая, обработанная 1 раз полоса; 3 — ловчая борозда-канал; 4 — стерня; 5 — необработанная плотная полоса.

друг с другом рыхлых и плотных вертикальных и наклонных полос. При этом можно обеспечить заделку растительных остатков в почву без переворачивания пласта [13, 14, 19, 24].

На рис. 2 поясняется один из альтернативных современным технологиям способов обработки почвы [19]. При объемном рыхлении почвы пласт подрезается и рыхлится рабочими органами-рыхлителями, перемещаемыми по синусоидной линии, причем рыхлители (ножи в виде струн) наклонены в боковом направлении. Пласт рыхлится чересполосно: участки с 2-кратным рыхлением чередуются с полосами, разрыхляемыми один раз. Полосы расположены поперек склона. Для уменьшения уплотнения почти все операции проводят за один проход. В результате такой обработки в почве образуются каналы (не показано), улавливающие сток, а также очень рыхлые, дважды обработанные, хорошо улавливающие поверхностный сток прослойки 1, чередующиеся с менее разрыхленными прослойками 2. На верхней границе этих слоев, где более рыхлая про-

слойка 1 контактирует с менее рыхлой 2, образуется неглубокая водоулавливающая бороздка 3. На участках с обработанной почвой частично стерня 4 повалена, что лучше защищает почву от ударов капель дождя. С прослойками 2 граничат более плотные нерыхленные прослойки 5, способствующие задержанию внутрпочвенного стока; на них стерня прямостоящая задерживает снег. Прослойки 5 предотвращают ветровую эрозию. Одновременно благодаря наклонному расположению прослоек 2 и 5 корни растений, произрастающих на поверхности необработанных участков, в нижней части находятся в рыхлой, хорошо аэрированной почве.

Обработка почвы таким способом реализуется устройством (рис. 3), состоящим из рамы 6, ножей-селезевов 7, к задним кромкам которых с помощью подшипников 8 прикреплены цилиндры 9 с крепежными отверстиями 11 для крепления параллельных подрезающих органов 12, соединенных параллельными рыхлителями 13. Подрезающие органы 12 и рыхлители 13 для уменьшения металлоемкости, обеспечения вибрации и снижения тягового сопротивления выполнены в виде гибких тяг, с этой же целью они закреплены в наклоненной назад плоскости, а рыхлители 13 направлены под углом к подрезающим органам 12.

Чтобы уменьшить усилия на подрезание и снизить поперечные нагрузки, подрезающие органы 12 закреплены под углом к поперечному брусу (не обозначено) рамы 6. Они прикреплены к ножам-кронштейнам, неподвижно установленным на одном из цилиндров 9, которые снабжены рычагом 15

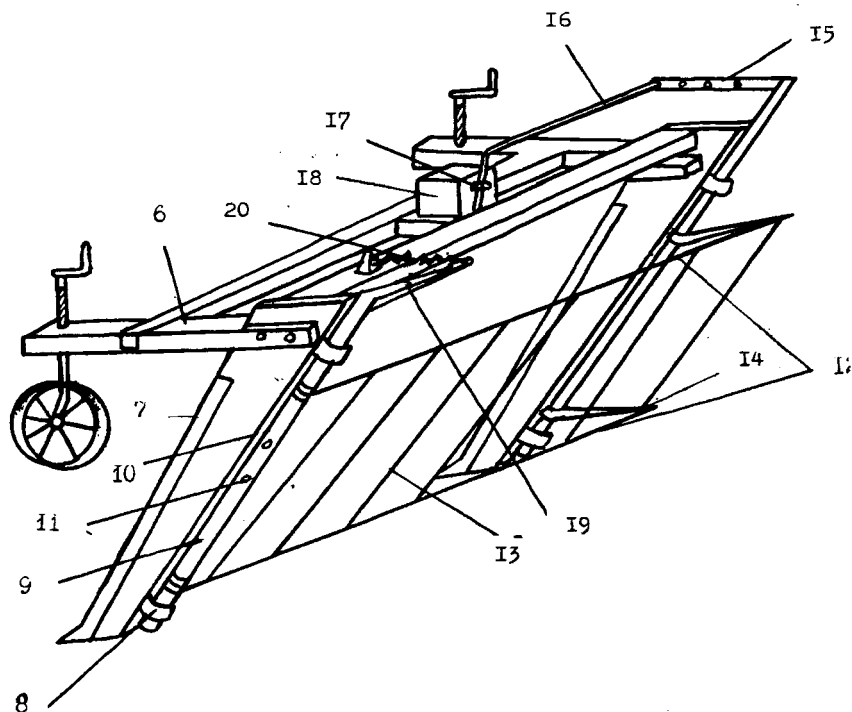


Рис. 3. Устройство для реализации противоэрозионной обработки почвы.

6 — рама; 7 — ножи-щелерезы; 8 — подшипники; 9 — цилиндры; 10 — задняя кромка птанти ножа-щелереза; 11 — крепежные отверстия; 12 — параллельные подрезающие органы; 13 — рыхлители; 14 — ножи-кронштейны; 15 — рычаг с отверстиями; 16 — гибкая тяга; 17 — кривошип; 18 — привод; 19 — рычаг; 20 — пружина.

с отверстиями (не обозначено) для крепления гибкой тяги 16 с кривошипом 17 привода 18. На другом цилиндре 9 выполнен также рычаг 19, который подпружинен пружиной 20, работающей на сжатие.

Работает устройство следующим образом. Трактор перемещает устройство, ножи-щелерезы 7 делают щели, нижний подрезающий орган 12 подрезает пласт и одновременно при этом от вала отбора мощности через привод 18 вращается кривошип 17, который периодически на-

тягиает тягу 16 и рычаг 15. При натяжении тяги 16 ножи-кронштейны 14 идут вправо, в том же направлении перемещаются подрезающие органы 12, т.е. сматываются с цилиндра 9.

При ослаблении тяги 16, поскольку агрегат 2 идет впереди, рыхлители 13 и подрезающие органы 12 испытывают натяжение от сопротивления почвы; в результате рычаг 15 занимает исходное положение. При этом пружина 20 отжимает рычаг 19 и подрезающие органы 12 наматы-

ваются на цилиндр 9. Последнему способствует и то, что рыхлители 13 идут в почве с отклонением назад от направления движения, т.е. улучшается разрезание и рыхление почвы (рыхлитель движется как бы снизу вверх).

В процессе рыхления подрезающие органы 12 работают по поступательно-вращательной траектории, наподобие пилы, что резко сокращает тяговое сопротивление. Из-за наклона рыхлителей 13 к подрезающим органам 12 происходят вертикальные колебания последних. Это объясняется тем, что при движении влево рыхлители 13 прижимаются почвой вниз, а при перемещении вправо почва стремится их вытолкнуть вверх.

Амплитуду перемещения рыхлителей 13 вправо-влево можно изменить, закрепив тягу 16 на другом отверстии (не обозначено) рычага 15.

Удары из-за неравномерной плотности почвы гасятся пружиной 20. Благодаря колебательному движению и вибрации уменьшаются силы адгезии и улучшается рыхление почвы.

При работе рыхлителя 13 двигаются вперед и вправо-влево, т.е. описывают синусоиду. Если амплитуда синусоиды больше половины расстояния между струнами, то образуется прослойка 1 с двойным рыхлением почвы, граничащая с прослойкой 2 с однократным рыхлением. Для образования плотной прослойки 5 расстояния между отдельными рыхлителями 12 делают больше двухкратной величины амплитуды.

Для подрезания сорняков без изменения глубины рыхления можно опустить верхний подрезающий орган 12, тогда он будет рыхлить верхний слой почвы. Можно оставить

стерню 4. При этом, если рыхлители 13 не укоротить, их средняя часть описывает меньшую траекторию, чем концы, в результате образуются эллиптические в сечении неразрыхленные прослойки, расположенные среди рыхлой почвы.

Изменением положения подрезающих органов 12 устройство можно настроить на рыхление почвы с уничтожением кочек или так, чтобы верхний орган валил бы стерню 4 и мульчировал поверхность почвы. Кроме этого, данное устройство можно настроить на поделку чередующихся друг с другом рыхлых и плотных слоев почвы разной формы (от треугольника, направленного вершиной вверх или вниз, до трапеции).

Помимо этого устройства предложено орудие, у которого рабочие органы в виде многожильных тросиков устанавливаются вертикально или под определенным углом и вращаются, т.е. являются вертикально-наклонной фрезой [27]. Изменяя угол атаки, можно осуществлять объемную заделку органических остатков в почву, либо, наоборот, «выпахивать камни» на ее поверхности.

Определенный интерес представляют орудия, рабочие органы которых представлены вращающимися штангами или ножами, установленными в горизонтальной, вертикальной или наклонной плоскостях [4, 11, 12, 25].

Все указанные орудия могут работать на переувлажненной почве и подготавливают ее за один проход.

Недостатком тросовых орудий является быстрое изнашивание рабочих органов на песчаных почвах.

С древности земледельцы для рыхления почвы использовали тяпки и

мотыги. В ОНИЛ технологии и механизации орошения Тимирязевской академии предложено орудие, у которого в качестве рабочего органа используется плоскорезущая пластина, закрепленная на двух анкерных ножах. К пластине дополнительно прикреплены наклонные гибкие тросики. Ножи с пластиной и тросиками совершают возвратно-вращательное движение по типу движения мотыги, обеспечивая очень хорошее рыхление почвы и уничтожение сорняков [22].

Кроме этих орудий разработано устройство — штанговый культиватор. У него рабочим органом является полая штанга с соплами [18]. В полость штанги от компрессора трактора нагнетается воздух (достаточно давления 0,2 кг/см²). Почва рыхлится воздухом. Штанга из-за наличия на ней зубьев вращается и вибрирует. Такое устройство может быть применено для рыхления слитых почв, а также для внутрипочвенного введения ядохимикатов, удобрений, химических мелиорантов [18].

Одним из очень эффективных орудий оказался рыхлитель-культиватор с активным рабочим органом [24]. Это орудие представляет собой 2 вертикальных анкерных ножа, между которыми располагается горизонтальная пластина-рыхлитель, закрепленная на них с помощью осей и втулок. Для лучшего рыхления почвы верхняя поверхность пластины-рыхлителя выполнена волнистой. На задней ее кромке с помощью осей установлены звездочки, которые при движении перекапываются по почве, встряхивая пластину, в результате чего она совершает вибрирующие вверх-вниз движе-

ния, что не только улучшает рыхление, но и уменьшает тяговое сопротивление. По такому же принципу построен штанговый культиватор; у него на штанге закреплены зубья, а анкерные ножи снабжены амортизаторами [28].

В дальнейшем для создания виброорганов целесообразно попытаться использовать электрогидравлический эффект. В качестве привода можно использовать сосуд с диэлектрической жидкостью (водой, маслом) и двумя электродами, расстояние между которыми может уменьшаться под действием давления пласта. При сближении электродов в жидкости возникает разряд и электрогидравлический удар, под его действием верхний электрод с закрепленным на нем рыхлителем подскакивает вверх или отклоняется в сторону.

Таким образом, для уменьшения металлоемкости почвообрабатывающих орудий, снижения энергозатрат на рыхление почвы и улучшения его качества необходимо продолжить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в направлении использования нетрадиционных рабочих органов: гибких тяг, струн, штанг, воздухопроводов, вертикальных ножей-фрез со спонтанным и принудительным приводом.

Разработка ресурсосберегающих противозерозионных технологий почвы при перезалужении деградированных и старовозрастных пастбищ

Выбор способа обработки почвы при создании культурных сенокосов и пастбищ, а также перезалуже-

нии старовозрастных пастбищ имеет принципиальное значение в экономике энергии и материально-технических ресурсов. На склоновых землях выбор обработки почвы определяется необходимостью предотвращения эрозии почвы и водного стока.

Исследования, проведенные на кафедре луговодства Тимирязевской академии в 1976—1991 гг., свидетельствуют, что использование традиционных технологий улучшения природных лугов, основанных на отвальной обработке старовозрастной дернины, ведет к перерасходу энергетических материально-технических ресурсов, удлиняет сроки проведения операций. Экспериментально установлено, что при глубокой вспашке увеличивается урожай покровной культуры и снижается продуктивность многолетних трав.

Применение энерго- и ресурсосберегающих технологий, включающих поверхностную обработку почвы, способствует повышению приживаемости многолетних трав и увеличению окупаемости затрат, повышению продуктивности сеяных лугов. Экономически оправдано омертвление старовозрастной дернины гербицидами (угалом, раундапом) перед проведением дискования и фрезерования [3] (табл. 3).

Необходимо отметить также, что по сравнению с глубокой вспашкой поверхностные энергосберегающие приемы основной обработки старой дернины увеличивают содержание гумуса в верхнем слое почвы, способствуют улучшению в нем микробиологических процессов, в том числе биологической азотфиксации, снижению почвенной эрозии.

При разработке альтернативных

применению гербицидов способов уничтожения дернины целесообразно испытать подрезание ее плоскорезными или струнными орудиями на глубине залегания узлов кущения, т.е. на глубине 2—7 см, с последующим дискованием или объемной обработкой пласта [32]. Может оказаться эффективным способ уничтожения старовозрастного травостоя с помощью токов высокой частоты, при котором по травостою над почвой перемещаются рабочие органы в виде планок с электродами, подключенными к источнику тока СВЧ. Растения, пораженные током, гибнут [32].

Одним из экологически чистых способов перезалужения является следующий вариант. Перед залужением в межфазный период кушение — выход в трубку проводится стравливание. Несъеденные вегетирующие растения смазываются гербицидом с помощью ленты-фитиля (рис. 4), в результате чего они отмирают. Расход гербицида уменьшается в десятки раз: вместо 5—7 всего 0,1—0,2 кг/га. После этого производится поверхностная обработка почвы. Оставшиеся ценные кормовые растения из старого травостоя не ухудшают, а, наоборот, улучшают вновь создаваемый фитоценоз и, кроме того, позволяют уменьшить норму высева трав.

Следует отметить, что устройство для уничтожения сорняков, представленное на рис. 4, успешно можно применять для борьбы с сорняками при возделывании пропашных культур, расположив ленту-фитиль в междурядьях и сделав окантовку ее по боковым кромкам из полимерной пленки. В результате гербициды попадают только на сорняки.

Таблица 3

Урожайность культурных сенокосов (сухая масса, т/га) при разных способах залужения в совхозе «Пановский» Московской области (в среднем за 4 года)

Способ обработки почвы	Без гербицидов	С применением смеси утала и 2М-4ХМ
Без обработки дернины	4,0	5,8
Дискование	5,8	6,4
Фрезерование	6,2	7,1
Щелевание + дискование	5,5	5,9
Вспашка + дискование	5,4	6,1
Вспашка + фрезерование	5,8	6,4
НСР ₀₅ для гербицидов	—	0,05
НСР ₀₅	—	0,013

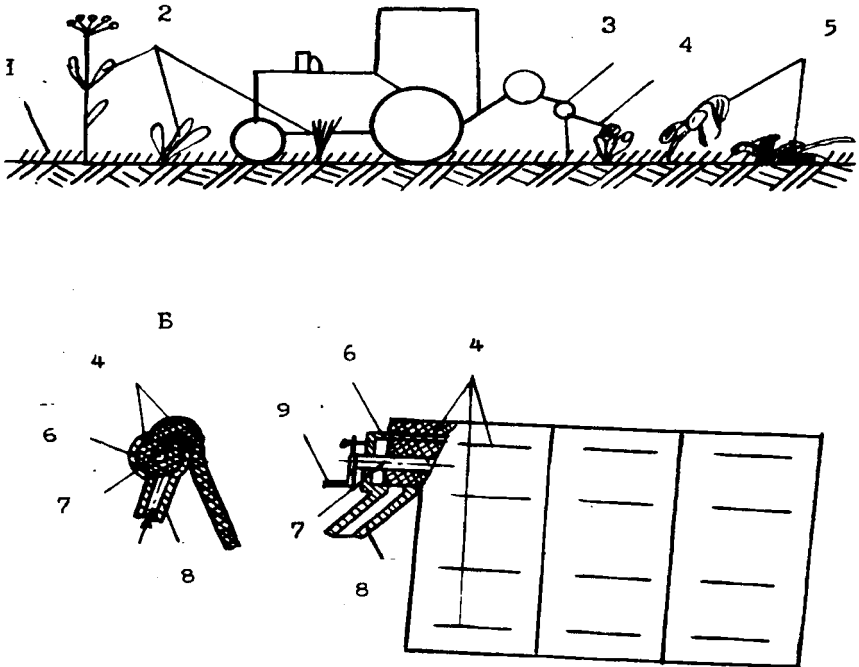


Рис. 4. Уничтожение неподаемых и высокорослых ядовитых растений на лугах.

А — технологическая схема; Б — устройство для нанесения гербицидов на сорняки: 1 — подаемые виды растений, которые стравливаются животными; 2 — неподаемые и ядовитые вегетирующие растения; 3 — устройство для нанесения гербицидов способом «намазывания» на растения; 4 — лента-фитиль для нанесения гербицидов на сорняки; 5 — смоченные гербицидами сорные и ядовитые растения; 6 — полая штанга; 7 — ось; 8 — трубка для подвоза гербицида в штангу и ленту-фитиль; 9 — рукоятка для регулировки длины ленты-фитиля.

1. Дальнейшая разработка ресурсосберегающих и почвозащитных технологий обработки почвы связана с внедрением разных способов ее объемного рыхления с помощью вибрирующих органов с пассивным (спонтанным) и активным приводом. При этом целесообразна разработка органов в виде вибропластин, струн, тросов, полых штанг с воздуховодами и воздуховыпускками. Объемное рыхление можно производить воздухом, гибкими струнами и виброплоскорезами с волнистой поверхностью. Предложены устройства для такой обработки почвы.

2. Целесообразно сочетание в одном орудии органов, производящих объемное рыхление почвы и поделки в ней прерывистых щелей, кротовин, гребней и уплотненных вертикальных и наклонных прослоек.

3. Сочетание безотвального глубокого рыхления, фрезерования и дискования позволяет оптимизировать сроки сева пожнивных культур и повысить их урожайность. Глубокая вспашка на 22—27 см с оборотом пласта, особенно с запашкой соломы, дает лучшие результаты осенью; весной и летом следует ограничиться рыхлением без оборота пласта.

4. Применение гербицидов при перезалужении дает возможность заменить глубокую вспашку с оборотом пласта дискованием или фрезерованием.

5. Нанесение гербицидов на сорняки с помощью ленты-фитиля позволяет снизить расход ядохимикатов с 5—7 до 0,1—0,2 кг/га.

1. Алтунин В.С., Рассолов Б.К., Трубин А.И., Кобозев И.В. и др. Рекомендации по мелиоративному освоению земель под сенокосы и пастбища / Под ред. В.С. Алтунина. М.: Союзгипроводхоз, 1989. — 2. Андреев Н.Г., Максимов В.М., Кобозев И.В. Эффективность орошения и удобрения люцернового и люцернозлакового травостоев. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 3, с. 50—60. — 3. Андреев Н.Г., Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Лазарев Н.Н. Рекомендации по созданию и использованию высокопродуктивных сенокосов и пастбищ в Нечерноземной зоне РСФСР. М.: Изд-во МСХА, 1991. — 4. Волков Б.М., Кобозев И.В., Княкин М.Ф. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия. — Авт. свид. на изобрет. № 1641206 от 4.07.88. — 5. Доляренко А.Г. Жизнь поля. — М.: Сельхозгиз, 1958. — 6. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. М.: «Агропромиздат», 1989, с. 7—78. — 7. Кобозев И.В. Влияние агротехнических приемов и орошения на процесс засоления почв. ВНИИТЭИСХ, 1980, № 122—80. Деп. Реферат опубликован в реф. журн. Почвоведение, 1981, № 2, с. 26. — 8. Кобозев И.В. Способ безотвальной обработки почвы и устройство для его реализации. — Авт. свид. на изобрет. № 1558313 от 3.06.88. — 9. Кобозев И.В. Устройство для безотвального рыхления почвы. — Авт. свид. на изобрет. № 1551256 от 3.06.88. — 10. Кобозев И.В. Тросовое почвообрабатывающее орудие. — Авт. свид. на изобрет. № 1561845 от 5.07.88. — 11. Кобозев И.В. Устройство для безотвального рыхления почвы. — Авт. свид. на изобрет. № 1565369 от 14.07.88. —

12. *Кобозев И.В.* Устройство для объемного безотвального рыхления почвы. — Авт. свид. на изобрет. № 1565364 от 14.07.88. — 13. *Кобозев И.В.* Устройство для противоэрозионной обработки почвы. — Авт. свид. на изобрет. № 1582997 от 3.06.88. — 14. *Кобозев И.В.* Почвообрабатывающее орудие. — Авт. свид. на изобрет. № 1613011 от 15.07.88. — 15. *Кобозев И.В.* Коэволюция или катастрофа? М.: МСХА, 1994. — 16. *Кобозев И.В., Бредихин Н.П.* Способ противоэрозионной обработки почвы и устройство для его реализации. — Авт. свид. на изобрет. № 1561839 от 3.06.88. — 17. *Кобозев И.В., Бредихин Н.П.* Устройство для борьбы с эрозией почвы. — Авт. свид. на изобрет. № 137713 от 3.06.88. — 18. *Кобозев И.В., Волков Б.М.* Устройство для обработки почвы. — Авт. свид. на изобрет. № 1605945 от 4.07.88. — 19. *Кобозев И.В., Лазарев Н.Н.* Способ противоэрозионной обработки почвы и устройство для его осуществления. — Авт. свид. на изобрет. № 1591822 от 3.06.88. — 20. *Кобозев И.В., Лазарев Н.Н., Цвирко Э.А.* Устройство для безотвальной обработки почвы. — Авт. свид. на изобрет. № 1605942 от 3.06.88. — 21. *Кобозев И.В., Цвирко Э.А.* Устройство для рыхления почвы. — Авт. свид. на изобрет. № 1561848 от 3.06.88. — 22. *Кобозев И.В., Цвирко Э.А.* Почвообрабатывающее орудие. — Авт. свид. на изобрет. № 1584765 от 3.06.88. — 23. *Кобозев И.В., Цвирко Э.А.* Почвообрабатывающее орудие. — Авт. свид. на изобрет. № 1584766 от 3.06.88. — 24. *Кобозев И.В., Цвирко Э.А., Бредихин Н.П.* Устройство для рыхления почвы. — Авт. свид. на изобрет. № 1551258 от 3.06.88. — 25. *Кобозев И.В., Цвирко Э.А., Лазарев Н.Н.* Устройство для рыхления почвы. — Авт. свид. на изобрет. № 1551260 от 5.07.88. — 26. *Кобозев И.В., Цвирко Э.А., Лазарев Н.Н.* Почвообрабатывающее устройство. — Авт. свид. на изобрет. № 1584774 от 5.07.88. — 27. *Кобозев И.В., Цвирко Э.А., Лазарев Н.Н.* Устройство для безотвальной обработки почвы. — Авт. свид. на изобрет. № 1584776 от 3.06.88. — 28. *Кобозев И.В., Цвирко Э.А., Лазарев Н.Н.* Штанговый культиватор. — Авт. свид. на изобрет. № 1653561 от 3.08.88. — 29. *Максимов В.М., Кобозев И.В.* Влияние удобрений на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы. — Тр. ТСХА: Агрономические основы устойчивой кормовой базы, 1983, с. 53—61. — 30. *Маркин Г.С.* Приемы создания и использования многолетних травостоев при интенсивном кормопроизводстве (в условиях Центрального района Нечерноземной зоны). — Автореф. канд. дис. М., 1988. — 31. *Маркин Г.С., Кобозев И.В., Ахметов Р.Г., Зайцева В.Я.* Уменьшение потерь при производстве и использовании кормов. — В сб.: Чтобы не было потерь. М.: Моск. рабочий, 1988, с. 107—123. — 32. *Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Лазарев Н.Н.* Разработка концепции повышения продуктивности естественных кормовых угодий в системе оптимального природопользования. М.: ГКНТ СССР, ВАСХНИЛ, НТЦ «Альтаграко». М., 1991, с. 148 (отчет НИ-ОКР). — 33. *Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Лазарев Н.Н.* Концептуальная модель адаптивного лугового кормопроизводства в системе земледелия. — Изв. ТСХА, 1993, вып. 3, с. 29—45. — 34. *Тюльдюков*

В.А., Кобозев И.В., Герциу Я.П., Хотов В.Х. Обоснование экологически безвредных систем кормопроизводства в условиях крупных и мелких животноводческих ферм. — Изв. ТСХА, 1994, вып. 1, с. 18— 33. —

35. Цвирко Э.А. Действие глубины и способа основной обработки почвы на плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и урожайность яровых зерновых культур. — Автореф. канд. дис. М., 1984.

Статья поступила 20 сентября 1994 г.

SUMMARY

Results of developing new resource-saving technologies of soil management on arable lands and meadows are presented. The main idea is that preventing compaction of subsurface horizon, destruction of soil structure, wind and water erosion is achieved by replacing common passive share-flat-cutting organs by active ones made as flexible operative horizontal and vertical vibrating organs (rods and chords) with forced or spontaneous drive. It is shown that it is often expedient to replace usual plowing by volumetric mellowing made by flexible chord, air or vertical rippers. Original methods for improving forage lands and weed control are suggested, the latter being achieved by putting herbicides on weed plants by means of wet ribbon («wick»).