

Лекция 3

Проектирование агротехнологий

Система обработки почвы в современных агротехнологиях

Проф. Беленков А.И.

План

ЛЕКЦИИ

1. Функции обработки почвы и факторы, обуславливающие целесообразность обработки почв и выбор приемов
2. Понятие о системе обработки почвы. Классификация систем обработки почвы
3. Виды обработки почвы.
4. Изменения свойств почв в зависимости от обработки.
5. Обработка почвы в точном земледелии.

Литература

- ❑ Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство / Под. ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005.
- ❑ Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтных систем земледелия и проектирование агроландшафтов. М.: КолосС, 2011.
- ❑ Беленков А.И., Матюк Н.С., Мазиров М.А. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия: учебное пособие. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА. –2013. –187 с.
- ❑ Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие / В.И. Балабанов, С.В. Железова, Е.В. Березовский, А.И. Беленков, Егоров В.В.: Учебное пособие. –М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. –148 с.

Обработка почвы, наряду с севооборотами, является важнейшей составной частью адаптивно-ландшафтных систем земледелия, так как определяет ее интенсивность и затратность, уровень антропогенной нагрузки на агроландшафт и устойчивость почвы к эрозии, особенности применяемых машин и орудий в агротехнологиях и в конечном итоге – характер процессов массо- и энергообмена в агроэкосистемах.

- При высоком уровне интенсификации земледелия (внесение удобрений, гербицидов, мелиорантов) изменяются функции обработки и доля ее в варьировании урожайности не превышает 8-12%. Это характерно для почв с высоким потенциальным уровнем плодородия и благоприятными для растений агрофизическими свойствами. В этих условиях воздействие на почву можно минимализировать и роль обработки свести к технологическим функциям заделки удобрений, мелиорантов, гербицидов, семян и т.д. Главная задача заключается в поддержании воспроизводства плодородия, регулировании водного и воздушного режима, защите почв от эрозии.
- При низком уровне интенсификации земледелия, недостаточном применении удобрений, средств защиты растений и т.д. роль обработки возрастает и заключается в мобилизации потенциального плодородия, повышении доступности питательных веществ, поддержании благоприятного для растений сложения почвы и хорошего фитосанитарного состояния

Функции обработки почвы

- Оптимизация плотности почвы и структурного состояния;
- Регулирование водного режима почв и агроландшафтов;
- Предотвращение эрозии и дефляции почвы;
- Регулирование режима органического вещества, биогенных элементов и биологической активности почвы;
- Оптимальное размещение удобрений и мелиорантов в пахотном слое;
- Создание оптимальных условий для посева и получения дружных всходов.

Факторы, обуславливающие целесообразность обработки почв и выбор приемов

- Агрономические свойства почв (плотность, структурное состояние, водный режим), наличие плужной подошвы, влажность почвы.
- Подверженность почвы водной, ветровой эрозии.
- Климатические условия.
- Рельеф.
- Биологические требования сельскохозяйственных культур.
- Обеспеченность удобрениями и пестицидами (уровень интенсификации агротехнологий).
- Внесение органических и минеральных удобрений, химических мелиорантов.
- Наличие почвообрабатывающей техники.
- Соотношение затрат на топливо и пестициды.

- Под *системой обработки* понимают совокупность научно обоснованных приемов основной, предпосевной и послепосевной обработок почвы, последовательно выполняемых при возделывании культур или в паровом поле севооборота.
- *Проектирование системы обработки осуществляют в такой последовательности:*
 1. Проводят агроэкологическую оценку земель, в частности геоморфологических условий (крутизна, форма склонов, микрорельеф), почвенного покрова, физических и физико-химических свойств почв.
 2. Определяют место глубоких обработок под культуры в севообороте и их периодичность с учетом биологических особенностей культур. Планируют приемы минимализации обработок под культуры севооборота;
 3. Определяют последовательность и сроки выполнения приемов основной, предпосевной обработок с учетом предшественников, способов и сроков внесения удобрений, мелиорантов, гербицидов. Подбирают состав почвообрабатывающих агрегатов, не вызывающих переуплотнения почвы и обеспечивающих качество ее обработки;
 4. Рассчитывают потребность хозяйства в почвообрабатывающих и посевных агрегатах с учетом продолжительности выполнения технологических операций и интенсивности использования сельскохозяйственной техники.

Классификация систем обработки почвы

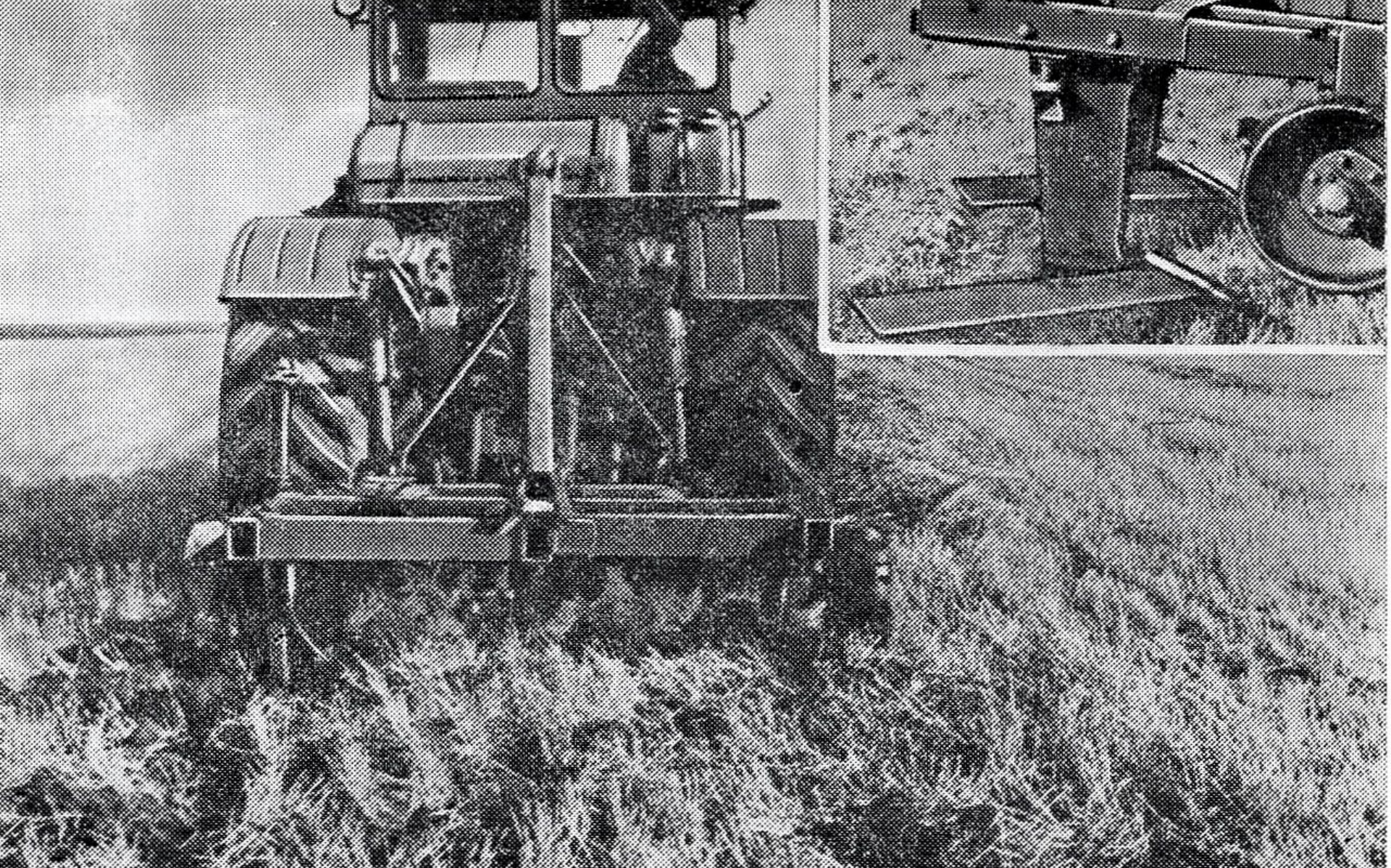
№ п./п.	Система обработки почвы	Характеристика системы
1	Отвальная	обработка почвы отвальными орудиями с полным или частичным оборачиванием ее слоев
2	Безотвальная	обработки почвы плоскорежущими орудиями с сохранением большей части послеуборочных остатков на ее поверхности.
3	Минимальная	обработка почвы, обеспечивающая уменьшение энергетических, трудовых или иных затрат путем уменьшения числа, глубины и площади обработок, совмещение операций, применения гербицидов.
4	Мульчирующая	сочетание механической обработки почвы и оставления на ее поверхности измельченных растительных остатков.
5	Комбинированная	сочетание отвального, безотвального и поверхностного способов обработки почвы.
6	Нулевая	отсутствие механической обработки, с посевом культуры в необработанный слой почвы
7	Гребне - грядовая	обработка орудиями со специальными приспособлениями с нарезкой гребней и гряд

Классификация систем обработки почвы

Система	Подсистемы
Отвальная	Разноглубинная Минимальная
Мульчирующая	Глубокая Разноглубинная Минимальная
Комбинированная	Глубокая Разноглубинная Минимальная
Нулевая	
Гребне-грядовая	

Виды основной обработки в системе вспашки

Вид обработки	Засоренность полей	Технологические операции
Обычная зяблевая обработка (универсальная, двухфазная)	Слабая, умеренная.	Лушение стерни на 8-10 см вслед за уборкой зерновых, вспашка после отрастания сорняков (через 15-20 дней после лушения) на 20-30 см в зависимости от культуры.
Улучшенная (трехфазная зяблевая обработка)	Засоренность корнеотпрысковым и сорняками (под сахарную свеклу, картофель, подсолнечник и др)	Лушение стерни на 6-8 см вслед за уборкой зерновых, второе лушение после отрастания сорняков на 12-14 см (или плоскорезная обработка); вспашка на 20-30 см после появления розеток осота и других сорняков (поздняя обработка)
Полупаровая зяблевая обработка (влажное лето)	Однолетние сорняки, падалица	Вспашка вслед за уборкой на глубину в соответствии с биологической культурой, боронование, культивация на 6-8 см по мере отрастания сорняков, глубокое рыхление перед уходом в зиму.



Глубокорыхлитель КПГ-2-150 в работе и его рабочие органы (А.И.Бараев, 1988)

Система плоскорезной обработки

- Плоскорезная обработка на 10-14 см под зерновые культуры в зернопаровом севообороте на легких почвах степной зоны.
- Плоскорезная обработка (КПП) на 10-14 см под зерновые культуры, глубокое безотвальное рыхление (КПГ) на 25-27 см под пропашные и зернобобовые культуры.

Минимизация обработки почвы

- Сокращение числа и глубины обработок в сочетании с применением гербицидов для борьбы с сорняками.
- Замена вспашки безотвальной, плоскорезной обработкой, культивацией, дискованием с использованием широкозахватных орудий.
- Совмещение нескольких технологических операций путем применения комбинированных агрегатов.
- Применение полосной предпосевной обработки при выращивании широкорядных культур в сочетании с внесением гербицидов.
- Переход к прямому посеву с интенсивным применением

Комбинированная обработка

- Вспашка под пропашные культуры, мелкая обработка (дисковыми боронами, культиваторами, плоскорезами, комбиагрегатами), под культуры сплошного сева, глубокое рыхление или чизелевание под зернобобовые культуры.

Системы обработки почв зонального ряда

Почвы	Уровни интенсификации		
	1-й	2-й	3-й
Подзолистые	О	О	О
Дерново-подзолистые	О	О	К
Серые лесные	О	О,К	К,М
Черноземы оподзоленные и выщелоченные	О	О,К,М	К,М
Черноземы типичные	О	К,М	М _м ,Н
Черноземы обыкновенные и южные	О,К	М	М _{м2} ,Н
Черноземы солонцеватые	К	М	М
Темнокаштановые и каштановые	К	М	М _{м2} ,Н
Темнокаштановые солонцеватые	К	М	М
Светлокаштановые	К	М	М _{м2} ,Н

Условные обозначения:

О – система вспашки; **К** – комбинированная система обработки почвы; **М** – мульчирующая; **М_м** – мульчирующая минимальная; **Н** – нулевая.

Принципы построения системы обработки почвы в севооборотах











№ п/п	Принципы	Характеристика принципов
1	Комбинированности	предусматривает последовательное сочетание в севооборотах различных способов и приемов обработки почвы (отвальной, безотвальной, поверхностной, «нулевой») с использованием соответствующих машин и орудий
2	Разноглубинности	предусматривает обоснованное чередование глубокой, средней, мелкой и поверхностной обработок почвы в соответствии со складывающимися условиями
3	Минимализации	подразумевает сокращение количества и глубины обработки почвы или отказ от нее с использованием, в т.ч. комбинированных машин и агрегатов, или прямого посева.
4	Почвозащитной целесообразности	направлен на предупреждение развития водной и ветровой эрозии почвы с использованием почвозащитных агрегатов и орудий
5	Экологической адаптивности	уменьшение возможного отрицательного влияния обработки на почву и окружающую среду.

Биологизация земледелия







- Поддержание поверхности почвы под покровом растений и их остатков, мульчирование.
- Обеспечение оптимального уровня содержания лабильного органического вещества в почве.
- Повышение роли биологического азота за счет увеличения доли бобовых культур и стимулирования процессов азотфиксации.
- Сокращение механических воздействий на почву, создание условий для биологического саморыхления почвы.
- Оптимизация биологического круговорота веществ в агроландшафтах.
- Создание оптимальной инфраструктуры агроландшафтов с учетом энергомассопереноса.
- Увеличение продуктивности и экологической устойчивости агроценозов за счет повышения генетического потенциала растений и оптимизации биоценологических связей.
- Регулирование численности вредных организмов и полезных энтомофагов с использованием биологических средств и химических препаратов, близких по своим свойствам к природным соединениям.

Минимизация почвообработки

Преимущества

-  Энерго-ресурсосбережение
-  Экономичность
-  Защита почвы от эрозии
-  Дополнительное снегонакопление
-  Сохранение влаги
-  Снижение темпов минерализации органического вещества
-  Сокращение потерь минерального азота
-  Мульчирующий эффект
-  Улучшение сложения почвы
-  Перспективы экологизации

Недостатки и другие особенности

-  Ухудшение фитосанитарной ситуации
-  Необходимость применения пестицидов
-  Усиление дефицита минерального азота
-  Ограничения при повышенном увлажнении, солонцеватости и переуплотнении почв
-  Дифференциация пахотного слоя
-  Невозможность внесения органических удобрений и мелиорантов

Требования к прямому посеву (No tillage)

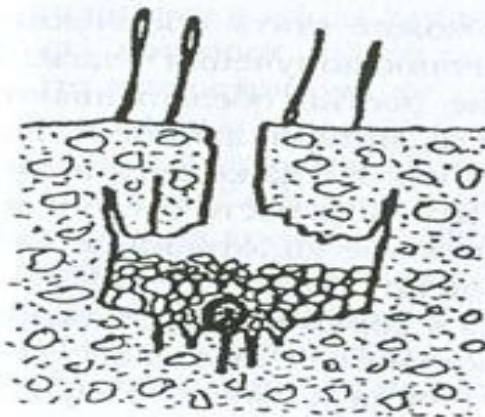
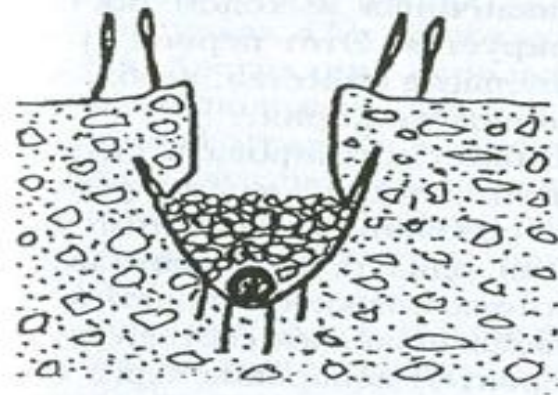
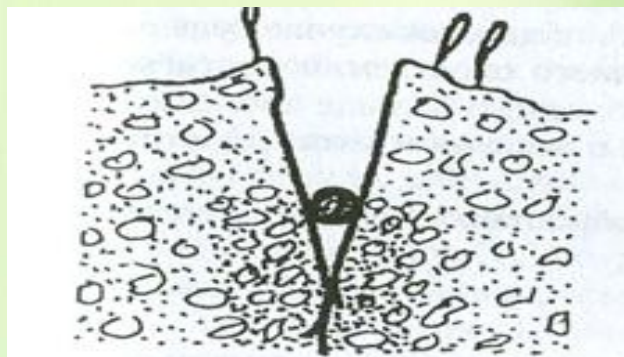
- Высокое проективное покрытие почвы измельченным мульчирующим материалом.
- Размещение семян в почве, обеспечивающее высокую всхожесть по условиям увлажнения (Т-образные канавки).
- Недопущение перемешивания почвы с растительными остатками и контакта их с семенами во избежание токсикозов проростков и заделки семян сорняков.
- Раздельное размещение семян и удобрений на оптимальных расстояниях.
- Обеспечение равномерности глубины заделки семян в почву.

Технологии посева (С.Дж. Бейкер, К.Е. Сакстон I В. Р. Ритчи, 2002)

Положение, принимаемое
зерном в V-образной
канавке

Положение, принимаемое
зерном в U-образной
канавке

Положение, принимаемое
зерном в Т-образной
канавке



Содержание гумуса (%) в южном карбонатном черноземе в зависимости от системы обработки почвы в зернопаровом севообороте, ВНИИЗХ 1959-1970 гг.

(Кирюшин, Лебедева, 1972)

Система обработки почвы	Слой, см			
	0-10	10-20	20-30	30-40
Отвальная	4,61	4,58	4,18	3,43
Плоскорезная	4,90	4,76	4,05	3,44
Разница в содержании гумуса	0,29	0,18	0,13	0,01
НСР_{0,05}	0,21	0,23	0,23	0,17
Точность опыта	1,40	1,50	1,90	1,70

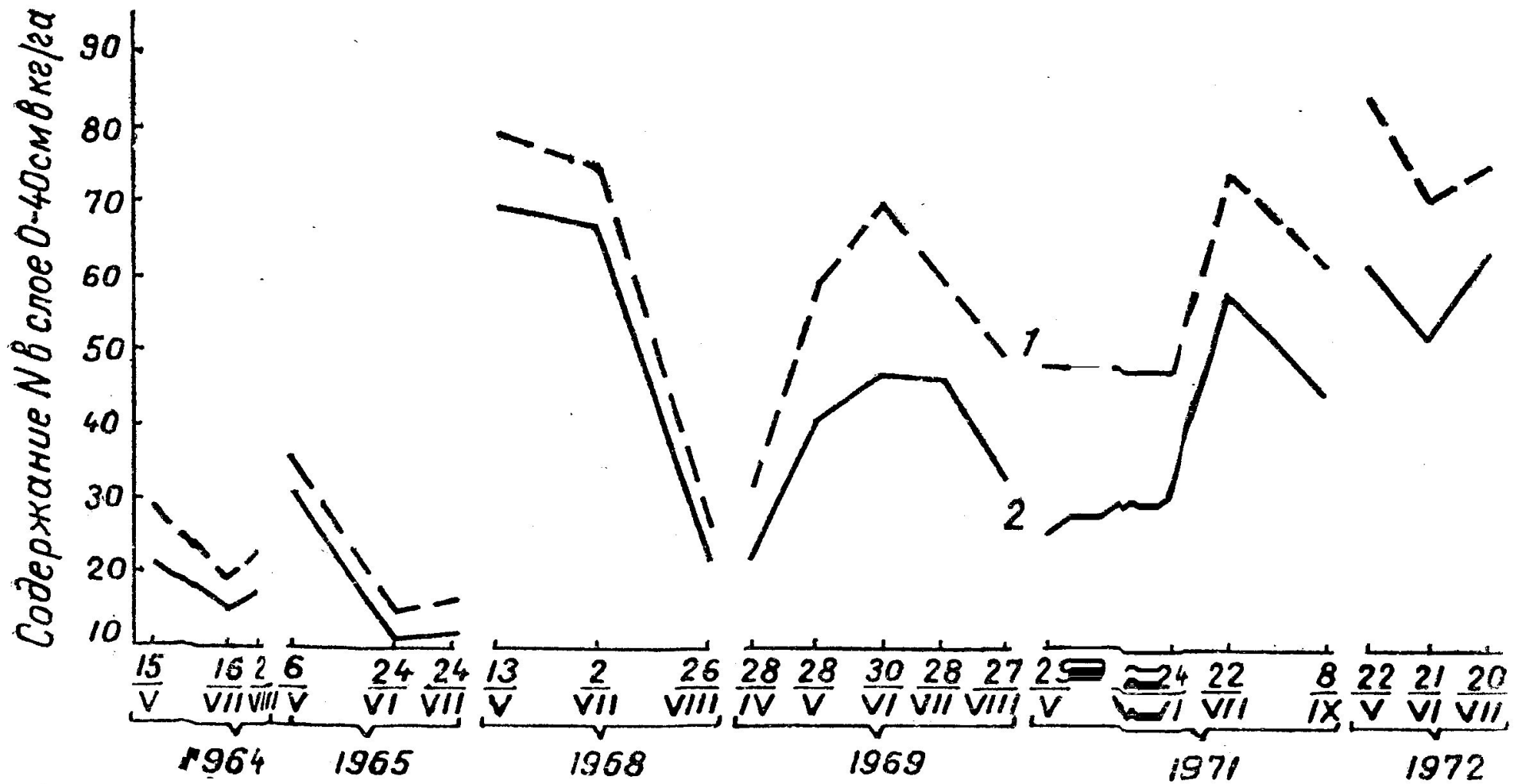
**Содержание гумуса (%) в южном карбонатном
черноземе в зависимости от системы обработки почвы в
зернопаровом севообороте, ВНИИЗХ 1959 -1976 гг.
(Кирюшин, Лебедева, 1984)**

Система обработки почвы	Слой, см			
	0-5	5-10	10-15	15-20
Отвальная	4,43	4,54	4,44	4,42
Плоскорезная	4,91	4,83	4,71	4,52
Разница в содержании гумуса	0,48	0,29	0,27	0,10
$НСР_{0,05}$	0,32	0,23	0,29	0,32

Потери углерода и азота в луговых почвах округа Грант (Северная Дакота) при вспашке и плоскорезной обработке

Элемент	Глубина, см	40 лет, вспашка	70 лет	
			плоскорезная	вспашка
Углерод	0-15,2	41	27	38
	15,2-30,5	20	7	14
Азот	0-15,2	34	23	33
	15,2-30,5	16	5	10

Динамика нитратного азота в слое 0-40 см лугово-степных малонатриевых солонцов в зависимости от приемов обработки, кг/га. Опыт № 2 донник

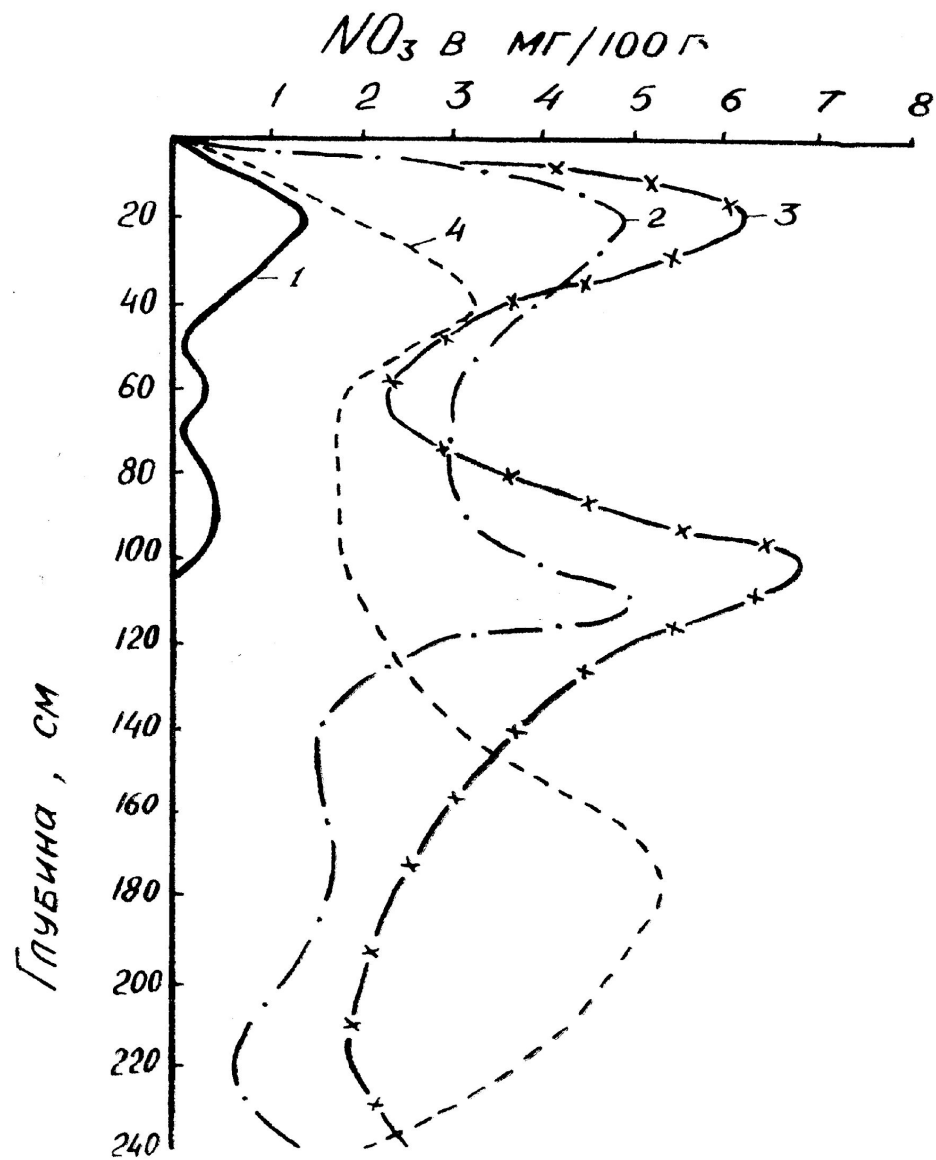


1-вспашка на 25-27 см

2-вспашка на 12 см + рыхление на 27-30 см.

Изменение содержания нитратов в зависимости от приемов

обработки степных солонцов. Опыт 6.



1-целина

2- вспашка на 10-12 см +
рыхление на 25-27 см

3- вспашка на 25-27 см

4- плантажная вспашка на
40-45 см

Распределение нитратного азота по почвенному профилю чернозема обыкновенного (пшеница по пару, 1987-1988 гг.), кг/га

Горизонт, см	Вспашка, 20-25 см	Мелкая плоскорезная обработка
0-100	82	36
100-200	41	34
200-300	49	19
300-400	33	25
400-500	42	25
100-500	165	103
0-500	247	139

Число микроорганизмов (КАА) при различных способах основной обработки выщелоченного чернозема в слое 0-40 см, млн. КОЕ /см² (средние данные за вегетационные периоды 1986-1988 и

2001-2003 г.г.)

Поле севооборота	Вспашка	Чередование	Глубокое рыхление	Мелкая плоскорезная	Нулевая обработка
Первая культура после пара	1439	890	795	611	493
Заключительная культура	1260	756	485	285	295

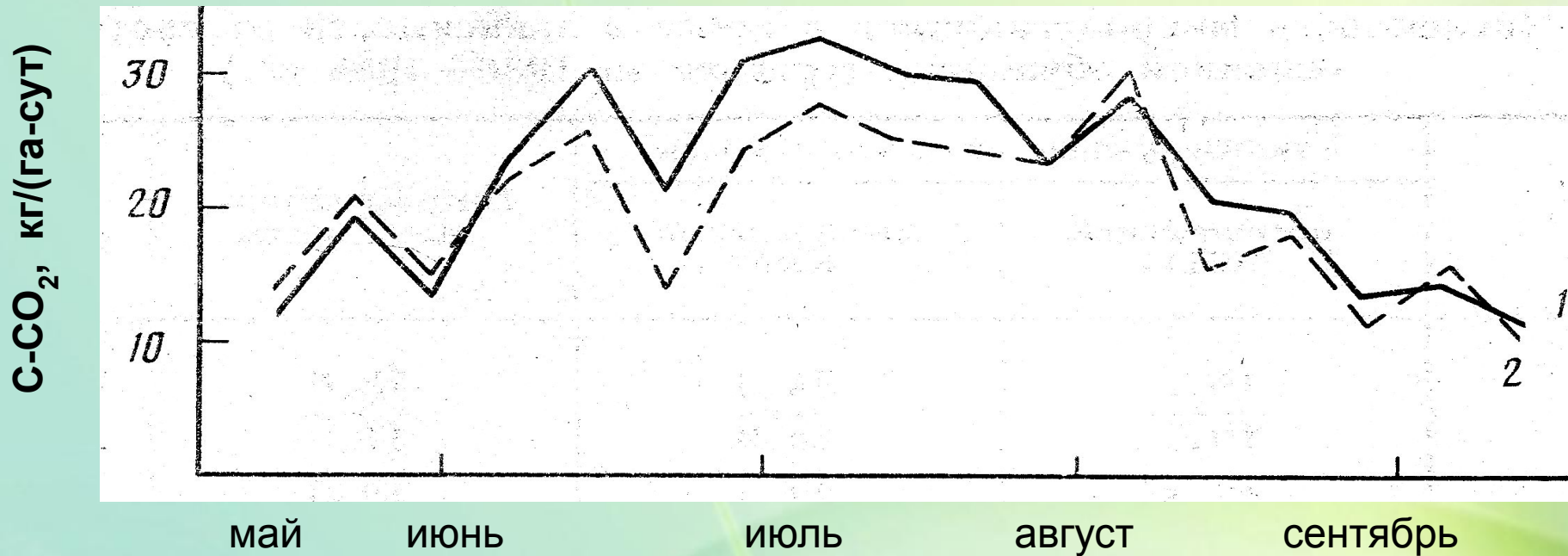
Изменение ферментативной активности чернозема выщелоченного при минимизации основной обработки (среднее за 1986—1988 г.)

Слой, см	Вспашка	Чередование	Глубокое рыхление	Мелкая плоскорезная обработка,	Минимальная обработка
Протеаза, мг глицина/(г-сут)					
0—10	1,12	0,88	0,92	0,85	0,83
10—20	0,74	0,77	0,95	0,82	0,79
20—30	0,68	0,71	0,39	0,52	0,36
30—40	0,53	0,43	0,28	0,13	0
0—40	30,7	27,9	25,4	23,2	19,8
Инвертаза, мг глицина/(г-сут)					
0—10	62,2	58,7	63,3	55,7	55,6
10—20	58,4	48,3	62,9	54,6	60,9
20—30	50,6	43,4	40,0	40,8	38,0
0—40	45,1	43,0	32,7	26,1	22,2
0—40	2163	1934	1989	1772	1767
Дегидрогеназа, мг глицина/(г-сут)					
0—10	23,4	19,2	19,0	19,2	15,8
10—20	22,6	13,6	15,8	13,4	14,8
20—30	20,7	14,4	9,9	8,3	7,5
30—40	19,0	9,3	8,1	4,1	4,1
0—40	837	565	528	450	422

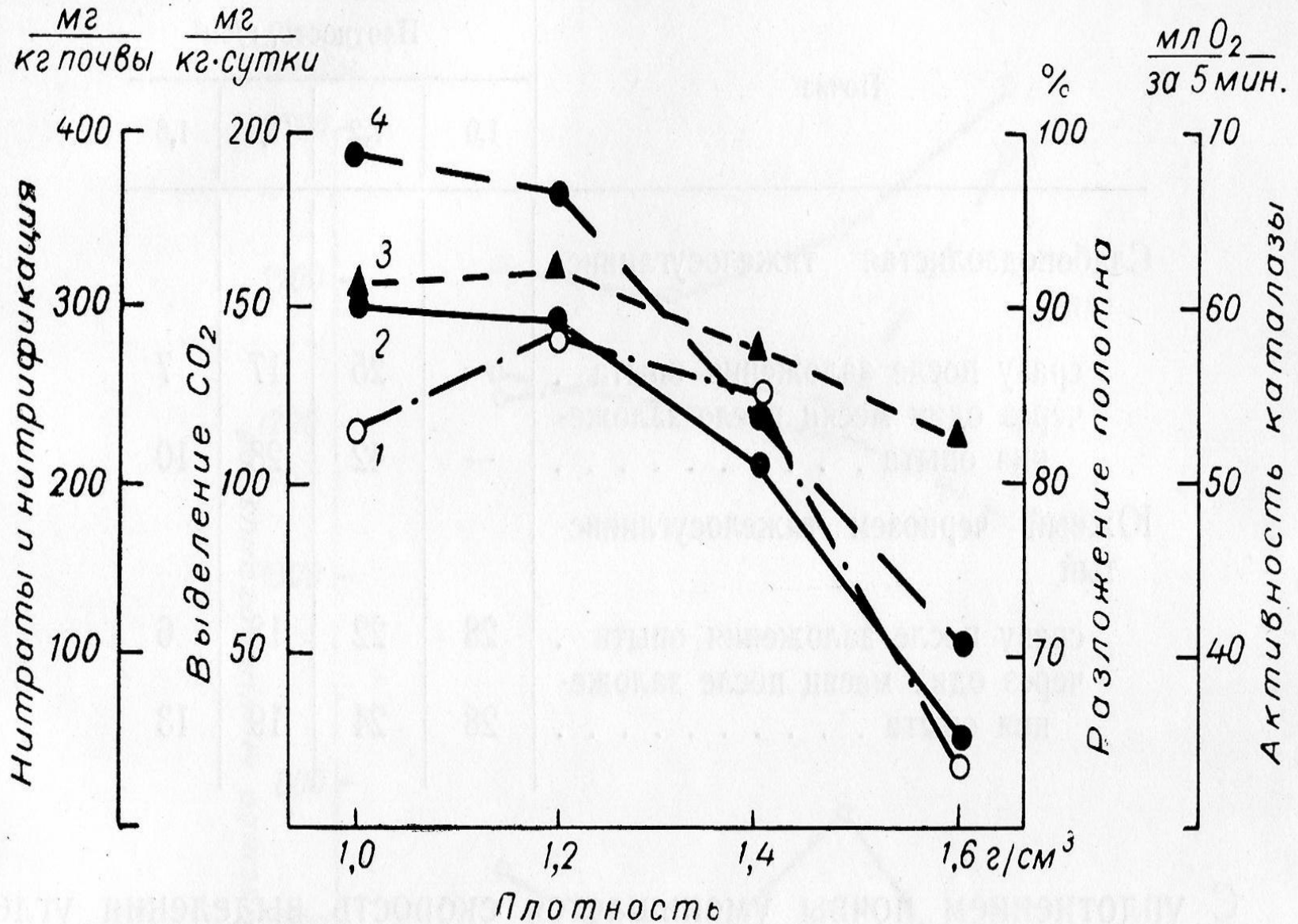
Продуцирование $C-CO_2$ почвой при разных способах основной обработки

1-отвальная вспашка

2-минимальная обработка



Влияние плотности почвы на биологические процессы (южный чернозем тяжелосуглинистый) (Ревут и др., 1971)



**Равновесные и оптимальные плотности сложения чернозема
обыкновенного для основных сельскохозяйственных культур
(г/см³ в слое 0-30 см)**

Культура	Оптимальная в период посева		Равновесная	
	в засушливые годы	во влажные годы	Весной в период посева	перед уборкой урожая
Озимая пшеница	1,1-1,3	1,1-1,2	1,14	1,22
Озимая рожь	1,1-1,3	1,1-1,2	1,10	1,24
Яровая пшеница	1,0-1,2	0,9-1,1	1,10	1,24
Ячмень	1,0-1,2	0,9-1,1	1,08	1,24
Горох	1,0-1,2	0,9-1,0	1,04	1,18
Кукуруза	1,0-1,2	0,9-1,0	1,21	1,28

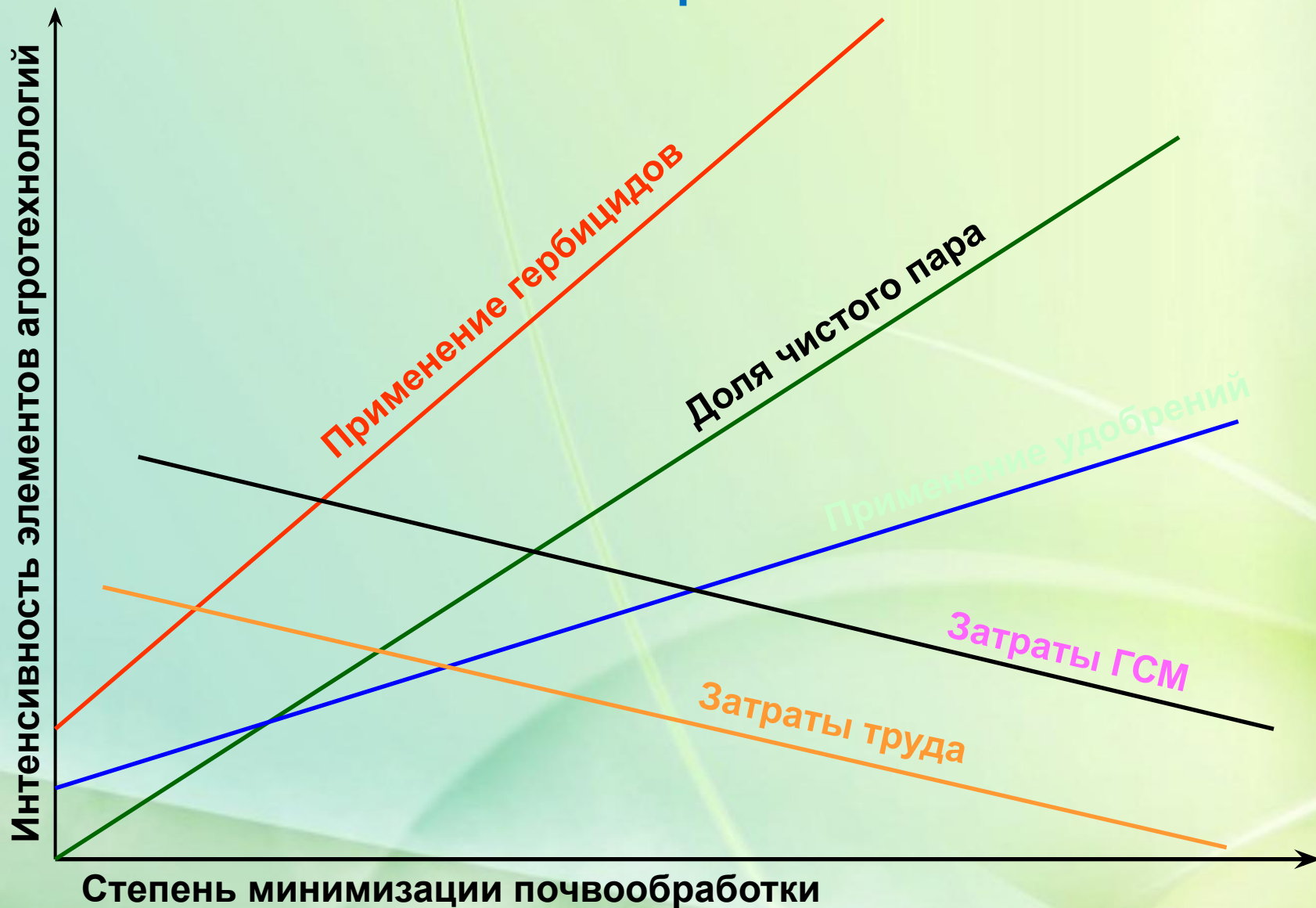
Запасы воды в снеге и сток талых вод по природным зонам и типам почв Поволжья

Природная зона, индекс	Тип и мехсостав почв	Зябь, глубина обработки 20-22, 25-27 см		Уплотненная пашня (озимые, мн. травы, залежь, стерня)	
		вода, мм	сток, мм	вода, мм	сток, мм
Степная заволжская, 5-6	Обыкновенные и южные черноземы, суглинистые	114	13,0	114	53,4
Степная правобережная, 6-3	Мощные и обыкновенные черноземы, суглинистые	80	9,8	88	24,8
	Маломощные южные черноземы, подстилаемые опокой	78	4,1	86	22,8
	Южные черноземы, тяжелосуглинистые и глинистые	77	8,1	83	26,6

Влияние плоскорезной обработки на сток талых вод, смыв почвы и урожай сельскохозяйственных культур

Годы	Обработка почвы	Запасы воды в снеге, мм	Кол-во воды, просочившиеся в почву, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Смыв почвы, м ³ /га	Урожай зерна, ц/га	Авторы
Серая лесная почва, юг ЦРНЗ								
1969	Отвальная	53	31	22	0,41	0,30	5,3	А.Т. Барабанов, М.М. Ломакин
	Плоскорезная	63	9	54	0,86	0	4,0	
1970	Отвальная	196	110	86	0,44	1,8	59,0	Те же
	Плоскорезная	1875	79	105	0,57	0,9	74,0	
1971	Отвальная	137	--	--	--	6,7	5,7	А.Т. Барабанов Е.В. Тобольцев
	Плоскорезная	143	--	--	--	0	5,1	
1972	Отвальная	51	38	13	0,26	0	1,6	То же
	Плоскорезная	63	35	28	0,45	0	1,1	
1973	Отвальная	60	35	24	0,40	3,6	21,6	--»----»--
	Плоскорезная	69	32	37	0,54	0	19,1	
1974	Отвальная	35	3	33	0,90	1,3	12,6	--»----»--
	Плоскорезная	51	13	38	0,74	0	10,2	
1975	Отвальная	91	91	0	0	0	6,5	--»----»--
	Плоскорезная	84	84	0	0	0	4,6	
1977	Отвальная	109	108	1	0,01	0	22,1	--»----»--
	Плоскорезная	112	112	0	0	0	25,8	--»----»--

Зависимость некоторых агрономических показателей от степени минимизации почвообработки



Содержание влаги в почве перед посевом озимой пшеницы в зависимости от количества мульчирующей соломы в различных районах Великих равнин США, мм

Место проведения опытов	Число опытов	Дозы мульчирующей соломы т/га			
		0	2,2	4,4	6,6
Сидни (Монтана)	4	53	69	94	102
Норт Платт (Небраска)	7	165	193	216	234
Акрон (Колорадо)	6	134	150	165	187

Посевной комплекс Flexi Coil СТ 820



Посевной комплекс Horsch Агро-Союз АТД 11,35







flexi coil

2340

flexi coil 75

flexi coil 75

- Системы параллельного вождения подразделяются на:
 - - курсоуказатели
 - - системы подруливания
 - - системы автопилотирования.
- Определение местоположения производится через сигнал глобальной системы позиционирования (GPS). Точность зависит от используемой технологии ДГСП (DGPS - дифференцированная глобальная система позиционирования).
- Курсоуказатели показывают отклонение от требуемой траектории движения на светодиодной панели или на LED-экране. С их помощью:
 - -водитель корректирует направление движения.
 - -отображается требуемая траектория – водитель управляет машиной
 - Точность работ зависит от качества показа траектории и опыта водителя
 - Система быстро монтируется и переставляется в другие машины
 - Система является практичной при большой ширине захвата (разбрасывание удобрений по сенокосам и пастбищам)
 - Низкая стоимость 1500 - 4500 EUR

- **Системы подруливания** подключаются к рулевому гидроцилиндру машины и активно включаются в управление. После заезда на заданную направляющую система самостоятельно ведет машину по траектории.
 - -автоматическое управление лишь при начале движения по направляющей
 - -точность в поле 5-30 см
 - -стоимость от 15 000 EUR (включена стоимость корректирующего сигнала)
 - -значительная разгрузка тракториста
 - -зачастую S-образные и извилистые линии в начале пути
 - -хорошо подходят к длинным, без больших уклонов участкам (от 700 м) и большой ширине захвата машин
- **Системы автопилотирования** являются частью трактора и выполняют дополнительные функции. Управление агрегатом происходит, в основном, автоматически.
 - -точность в поле 2-5 см
 - -автоматическое управление также при разворотах агрегата
 - -стоимость до 45 000 EUR
 - -разгрузка тракториста также при разворотах
 - -возможно выполнение всех работ, включая посев
 - -возможна более полная интеграция с трактором
- **В зависимости от оборудования возможны различные способы работы:**
 - -параллельное движение
 - -обработка контура (движение по заданным траекториям)
 - -междурядная обработка (параллельное движение на заданном расстоянии ширины захвата или междурядий)

Плуг Eur Oral



Pegasus



СОВРЕМЕННЫЕ ОРУДИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Пневматическая сеялка DMC-3



Анкерный сошник



Сошник Rotec



Механическая сеялка D9/30 S

Современные сеялки фирмы **AMAZONE**



МАШИНА ДЛЯ ПОСЕВА СИДЕРАТОВ И КУЛИС CATROS

спасибо за внимание.