

В.И. Турусов, А.М. Новичихин

**ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДРОДИЯ
ЧЕРНОЗЕМОВ
КАМЕННОЙ СТЕПИ
ПОД ВЛИЯНИЕМ
АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

**К 125-летию
Особой экспедиции В.В. Докучаева**

Федеральное агентство научных организаций
(ФАНО России)

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-
Черноземной полосы имени В.В. Докучаева»
(ФГБНУ «НИИСХ ЦЧП»)

В.И. Турусов, А.М. Новичихин

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ КАМЕННОЙ СТЕПИ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Каменная Степь 2017

УДК 631.452:631.445.4

ББК П032.6

Т 88

Турусов В.И., Новичихин А.М.

Рецензент доктор биологических наук

Т 88 Изменение плодородия черноземов Каменной Степи под влиянием антропогенных факторов

ISBN 978-5-4473-0160-6

Таблиц – 32, Библиография – 18

За 90-летний период изучения черноземов Каменной Степи обобщены материалы исследований по изменению плодородия под влиянием лесных полос, севооборотов, удобрений и приемов механической обработки почвы.

На основе сравнения показателей по содержанию гумуса в черноземах почти за вековой период изучения показаны количественные его изменения в пахотных почвах Каменной Степи.

УДК 631.452:631.445.4

ББК П032.6

ISBN 978-5-4473-0160-6

**Турусов В.И., Новичихин А.М., 2017
Издательство «Истоки», 2017**

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
I. Влияние лесных полос на почву в Каменной Степи	5
II. Влияние севооборотов на почву Каменной Степи	15
III. Влияние удобрений на почву Каменной Степи	20
IV. Влияние механической обработки на почву Каменной Степи	22
V. Изменение содержания гумуса в черноземах Каменной Степи за 90-летний период исследований	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	30
Литература	32

ВВЕДЕНИЕ.

В эволюции различных почв принимают участие факторы почвообразования, установленные еще В.В. Докучаевым. К этим факторам относятся: климат; растительность; рельеф; материнская порода; возраст.

В течение тысячелетий обломочный материал, образованный в результате выветривания горных пород, посредством растений и микроорганизмов аккумулируя в себе энергию солнца, постепенно превращался в почву. Растительный и микробный отпад, остававшийся в породе, подвергался трансформации, что обеспечивало минеральное питание следующим поколениям растительных и животных организмов и повышению почвенных запасов органического вещества. Все это привело к накоплению в поверхностном слое земной коры биофильных элементов, формированию почв и с годами повышению их потенциального плодородия.

В Каменной Степи под влиянием почвообразовательного процесса сформировались черноземные почвы, отличающиеся высоким естественным плодородием. Содержание гумуса на нераспределенных участках в верхнем слое почвы составляет 10 – 12 %, а количество валового азота достигает 0,6 %. Формирование высокоплодородных почв было обязано разнотравностепной растительности, механическому составу материнской породы и благоприятным для процессов гумусообразования климатическим условиям, характерной особенностью которых является чередование периодов оптимального увлажнения почвы с повторяющимися периодами её иссушения.

Распашка почв и вовлечение их в сельскохозяйственное производство обуславливает отчуждение части синтезируемой солнцем органической массы, а вместе с ней и элементов почвенного питания растений. В результате аккумулятивная направленность почвенных процессов сменяется расходом ранее накопленных органических соединений.

Антропогенное влияние на почву осуществляется через механическую обработку, удобрения, севообороты и орошение. Для условий Каменной Степи пятым фактором воздействия являются полезащитные лесные полосы.

В задачу наших исследований входило:

1. Изучить материалы отчетов института по влиянию антропогенных факторов на плодородие черноземов Каменной Степи.
2. Сопоставить материалы предыдущих исследований по содержанию органического вещества и других свойств в почвах Каменной Степи с данными, которыми мы располагаем в настоящее время и на основании этого сделать вывод о направленности почвенных процессов.

Для этого нами были подняты отчеты Каменностепной опытной станции, начиная с 1911 года.

С момента реализации в Каменной Степи мероприятий, предложенных В.В. Докучаевым по уменьшению засушливости степей (главным элементом которых было полезащитное лесоразведение), значительная доля исследований в Каменностепной опытной станции посвящалась изучению полезащитного эффекта лесных полос.

I. Влияние лесных полос на почву в Каменной Степи.

Наиболее ранние и полные исследования касающиеся изучения влияния лесных полос на плодородие черноземов Каменной Степи приведены в отчете почвенного отдела станции за 1928 – 1929 годы и в брошюре проф. Г.М. Тумина (1930). Был охвачен довольно широкий круг вопросов связанных с влиянием полос на некоторые свойства почв. В работе сравнивалась почва открытой степи со степью облесенной полезащитными насаждениями. Исследованиями установлено, что в лесных полосах, как и в западинках и микропонижениях открытой степи отмечается переход обыкновенного чернозема в разряд переходного и выщелоченного (табл. 1), что связывалось с изменением водного режима под полосами.

Таблица 1 – Влияние лесных полос и микрозападин на изменение обыкновенного чернозема

	Встречаемость в %			
	обыкновенный чернозем	переходный чернозем	выщелочный чернозем	переходный и выщелочный чернозем
Открытая степь: ровные места	100	-	-	-
Микрозападины	27,0	57,6	15,4	73,0
Под лесными полосами: ровные места	28,3	23,2	48,5	71,7

Исследованиями выявлено, что общий характер почв меняется в зависимости от ширины лесных полос (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние ширины лесных полос на изменение чернозема

Ширина лесных полос	Встречаемость в %			
	обыкновенный чернозем	переходный чернозем	выщелочный чернозем	переходный и выщелочный чернозем
Узкие полосы (10,7 – 21,3 м)	15,5	22,3	62,2	84,5
Средние полосы (42,7 – 64,0 м)	31,8	19,8	48,4	68,2
Широкие полосы (106,7 м)	35,2	32,4	32,4	64,8

В широких полосах обыкновенного чернозема сохранялось больше, а новых почв (переходный и выщелочный чернозем) образовалось меньше, чем в узких полосах. Это связывалось с меньшим накоплением в середине средних и широких полос снега. Края же средних и широких полос имели более сильную выщелоченность, чем середина полос (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние края и середины лесных полос на выщелоченность чернозема в лесных полосах

Ширина лесных полос	Встречаемость в %			
	обыкновенный чернозем	переходный чернозем	выщелочный чернозем	переходный и выщелочный чернозем
Узкие полосы	15,5	22,3	62,2	84,5
Средние и широкие полосы:				
Края полос	28,0	24,0	48,0	72,0
Середина полос	39,7	22,6	37,7	60,3

При изучении черноземы Каменной Степи, в зависимости от мощности гумусного горизонта ($A+B_1$) подразделялись на роды: при мощности $A+B_1=30-40$ см – 4 род; $A+B_1=40-50$ см – 5 род; $A+B_1=50-60$ см – 6 род; $A+B_1=60-70$ см – 7 род; $A+B_1=70-80$ см – 8 род. В дальнейшем чернозем был подразделен на две половины в пределах каждого рода.

Было установлено, что мощность $A+B_1$ под полосами возрастала по сравнению с открытой степью (табл. 4). Это связывалось с большим увлажнением почвы под полосами, чем в открытой степи. Под узкими полосами, по сравнению с открытой степью мощность $A+B_1$ увеличивалась но не много. Под полосами средней ширины увеличение мощности $A+B_1$, выступало яснее, а под широкими полосами ещё яснее. Увеличение мощности $A+B_1$ под полосами разной ширины шло не за увеличением режима промывания, а обратно, и поэтому мощность $A+B_1$, нарастало от узких полос к широким.

Таблица 4 – Рода почв открытой степени и под лесными полосами

Угодья	8'	8"	7"	7'	6"	6'	5"	5'	4"
	роды обыкновенного чернозема и мощность $A+B_1$ в см								
	79-75	74-70	69-65	64-60	59-55	54-50	49-45	44-30	39-35
	встречаемость %								
Открытая степь	-	1,0	1,0	59,0	26,0	3,0	-	-	-
Узкие полосы	-	2,2	22,2	53,4	20,0	2,2	-	-	-
Средние полосы	-	2,2	27,5	46,1	18,7	4,4	1,1	-	-
Широкие полосы	-	10,8	43,3	45,9	-	-	-	-	-

На межполосном пространстве переходный и выщелоченный черноземы исчезали, что указывает на ясное снижение режима промывания почвы по сравнению с полосами. Однако мощность А+В₁, на межполосном пространстве сильно возрастала по сравнению с открытой степью, что говорит о высоком положительном влиянии межполосного пространства на родовые признаки почвы.

В зависимости от увлажнения на различных угодьях положительное влияние на родовые признаки нарастало от обычного рельефа открытой степи к плоскому рельефу открытой степи и к межполосному пространству, а дальше к широким полосам положительное влияние падало, и падание продолжалось к узким полосам. Режим увлажнения на межполосном пространстве более слабый, чем в широких полосах, но более высокий, чем открытой степи. Мощность же А+В₁ максимальна между лесными полосами и отсюда падала как в сторону обычного рельефа открытой степи, так и в сторону узких полос. Отмечалось, что такая оригинальная связь родовых признаков с режимом увлажнения напоминает ту же связь на пространствах от южного чернозема до оподзоленного чернозема, где наибольшую мощность гумусового горизонта имеют черноземы со средним режимом увлажнения (мощные).

От открытой степи к межполосному пространству мощность А+В₁, возрастала, но не достигала 80 см, поэтому на межполосных пространствах, как и в открытой степи отмечался обыкновенный чернозем.

Исследованиями установлено, что от открытой степи к межполосному пространству происходит увеличение содержания гумуса в почве (табл. 5). Это отмечалось при сопоставлении как между одноименными полуродами, так и между господствующими (на межполосных пространствах господствующими полуродами 8' – 34,9 % и 7" – 47,2%, а в открытой степи - 7' – 59,0% и 6" - 26,0%).

Таблица 5 – Содержание гумуса на пашне в открытой степи и среди лесных полос (1928-1929 гг.)

Глубина, см	Открытая степь		Межполосное пространство			
	Обыкновенный чернозем					
	7'/60-64	6"/55-59	8'/70-74	7"/65-69	7'/60-64	6"/55-59
1-5	9,81	9,84	11,45	10,61	11,13	10,48
20-25	8,13	8,06	10,28	9,44	9,21	8,14
40-45	5,73	5,86	6,94	6,70	6,44	5,48
60-65	3,78	2,64	4,52	4,35	3,91	3,06
80-85	1,60	1,52	2,28	2,28	1,90	1,46
100-105	1,09	0,94	1,47	1,33	1,23	0,96
1-85	5,81	5,58	7,09	6,67	6,51	5,72
1-105	5,02	4,81	6,15	5,78	5,64	4,93

Таким образом изменение признаков почвы от открытой степи к межполосному пространству шло в том же направлении, в каком эти признаки менялись при переходе от среднемошного чернозема к мощному, т.е. в том и другом случае шло увеличение мощности А+В₁, и увеличение гумуса в почве.

Считая главной причиной изменения свойств почв в Каменной Степи изменение водного режима почв Г.М. Тулин (1930) приводит данные по метеорологическим наблюдениям на участке с открытой степью и между лесными полосами за 1918-1924 гг. (табл. 6, 7) которые свидетельствуют о том, что осадков между полосами больше, чем в открытой степи. А испаряемость на межполосных пространствах значительно ниже, чем в открытой степи, и в летнее время снижение достигает 30 %.

Таблица 6 – Влияние лесных полос на количество осадков, мм

Угодья	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Открытая степь	36,2	67,3	171,2	110,4	385,1
Между лесными полосами	61,7	83,5	166,7	127,7	439,6

Таблица 7 – Влияние лесных полос на испаряемость влаги, мм

Угодья	Зима	Весна	Лето	Осень
Открытая степь	11,5	244,4	400,2	169,7
Между лесными полосами	9,5	173,6	276,4	116,4

Относительная влажность воздуха на межполосном пространстве выше, чем в открытой степи (табл. 8). Летом разница эта достигает 3-4 %. Наименьшая же относительная влажность воздуха дает ещё более высокие снижения, достигая летом 6-8% (табл. 9).

Таблица 8 – Влияние лесных полос на относительную влажность воздуха, %

Угодья	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Открытая степь	71	59	66	68	62	68
Между лесными полосами	72	60	69	71	66	70

Таблица 9 – Наименьшая относительная влажность воздуха в %

Угодья	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Открытая степь	12	13	6	20	14	11
Между лесными полосами	20	19	14	26	20	15

Более высокий режим увлажнения почвы под лесными полосами обусловил большее содержание гумуса под ними по сравнению с залежной почвой открытой степи (табл. 10), т.е. за 30-летний период лесные полосы не только не снизили гумус, а даже повысили. Поэтому существующий взгляд, по которому древесная растительность, поселившись на черноземе, ведет к деградации почвы, по мнению Г.М. Тумина, является необоснованным для условий Каменной Степи.

Таблица 10 – Содержание гумуса в почве открытой степи и под лесными полосами

Слой почвы, см	Открытая степь, зелень			Под лесными полосами зелень		
	обыкновенный чернозем			выщелочный чернозем		
	7"	7'	6'	7"	7'	6"
1-5	10,94	11,27	10,91	12,69	12,88	13,16
20-25	9,86	8,76	8,23	9,54	9,70	9,28
40-45	6,43	5,94	5,65	6,64	6,25	6,30
60-65	3,71	3,44	2,98	3,80	3,60	2,88
80-85	1,62	1,91	1,67	1,85	1,84	1,50
100-105	1,20	1,20	1,16	1,27	1,10	1,11
1-85	6,51	6,26	5,89	6,90	6,85	6,62

Исследованиями установлено, что глубина вскипания почвы под лесными полосами по сравнению с открытой степью опускается и согласуется с изменением родовых и классовых признаков почв (табл. 11). Это наглядно проявляется при суммировании всех встречающихся на различных угодьях почв по глубине вскипания (табл.12).

Таблица 11 – Влияние лесных полос на глубину вскипания почв Каменной Степи, см

Угодья	Господствующие роды	Площади под родами, %	Глубина вскипания	Класс почвы
Открытая степь	6"-7'	85,5	57-63	Обыкновенный чернозем
Межполосное пространство	7"-8'	82,1	66-72	Обыкновенный чернозем
Лесные полосы разной ширины	7'-7"	77,4	63-94	Обыкновенный, переходный и выщелочный чернозем

Увеличение глубины вскипания от открытой степи к межполосному пространству и далее к лесным полосам свидетельствует об увеличении глубины промачивания почвы от открытой степи к лесным полосам.

Таблица 12 – Площади почв с разной глубиной вскипания

Глубина вскипания, см	Открытая степь	Межполосное про- странство	Лесные полосы
	% площади с разной глубиной вскипания		
73-96	-	-	65,9
63-74	12,0	82,1	30,1
57-63	85,0	17,1	-
45-59	3,0	0,8	4,0

Таким образом, заключает Г.М. Тумин, активное влияние лесных полос на почву под лесными полосами налицо.

Некоторые результаты исследований по влиянию лесных полос на плодородие обыкновенного чернозема приведено в отчете № 67 отдела агротехники за 1935 год. Изучена влажность почвы, реакция почвенной среды, доступные P_2O_5 и NO_3 в зависимости от расстояния до лесополос. Установлено, что по сравнению с открытой степью, среди лесных полос в течении всего вегетационного периода влажность почвы была на 1,8 % выше (25,6 % против 23,8 %), выше была концентрация ионов водорода, подвижной P_2O_5 отмечено больше на 2,7 мг/100г почвы, а нитратов меньше в среднем на 30 мг/кг почвы.

В отчете № 103 за 1937 год З.Филипповичем установлено, что под лесом до глубины 30-40 см реакция среды смещается в кислую сторону. Смещение рН у обыкновенных черноземов под лесом в кислую сторону и появление обменной кислотности, по мнению З.Филипповича, есть первое несомненное проявление оподзоливающей деятельности леса. Уменьшение же количества перегноя и ухудшение структурности черноземных почв под лесом, считает З.Филиппович, начинается не сразу и происходит весьма медленно.

Достаточно детальное изучение воздействия лесных полос на почву Каменной Степи изложено в отчете № 169 за 1947 год А.С. Горбуленко и в статье В.П. Байко и А.С. Горбуленко (1949). В результате своих исследований авторы пришли к выводам, что под воздействием лесных полос увеличивается мощность перегнойного и переходного горизонтов (А+В), понижается глубина вскипания, причем эти показатели под широкими полосами выражены сильнее (табл. 13).

Структура почвы под лесными полосами, как показали исследования, переходит из комковато – зернистой в зернистую с высокой прочностью; при этом отмечается, что чем шире лесная полоса, тем водопрочность структурных отдельностей > 1 мм больше (таблица 14).

Чем старше по возрасту лесная полоса, тем структура почвы в горизонте А представлена сильнее, особенно заметно увеличивается фракция > 1 мм. Водопоглащающая роль леса вследствие изменения под его влиянием структуры почвы возрастает (таблица 15).

Таблица 13 – Мощность горизонтов и глубина вскипания в почвах под лесными полосами, в заповеднике и поле

Наименование варианта	Мощность горизонта в см				Глубина вскипания, см
	A ₀	A	B ₁	A+B	
Лесная полоса 106,5 м ширины	3,4	48	27	107	76
Лесная полоса 64 м ширины	3,4	46	27	101	72
Лесная полоса 32 м ширины	3,4	44	25	96	67
Лесная полоса 10 м ширины	1,5-2	42	27	99	60
Некосимый заповедник	10	37	21	80	72
Косимый заповедник	1,5-2	38	16	78	62
Поле под с.-х. культурой	-	37	33	80	53

Таблица 14 – Агрегатный состав по Савинову в %

Горизонт	Ширина полос в м						Заповедник				Поле	
	106,5		32		10		некосим.		косим.			
	размер структурных отдельностей, мм											
	> 1 мм	> 0,25 мм	> 1 мм	> 0,25 мм	> 1 мм	> 0,25 мм	> 1 мм	> 0,25 мм	> 1 мм	> 0,25 мм	> 1 мм	> 0,25 мм
A ₁	71,2	87,0	51,2	81,5	44,5	75,6	65,5	87,3	54,6	84,6	18,1	69,0
A ₂	52,7	82,2	41,2	74,0	39,8	73,2	52,9	82,3	74,0	74,0	33,2	74,5
B ₁	45,6	77,5	35,1	73,6	33,9	67,9	44,7	76,9	68,2	68,2	23,6	70,4
B ₂	34,9	74,9	32,5	69,3	30,3	65,5	34,1	70,9	67,8	67,8	24,1	70,0
C	19,6	67,8	18,6	64,5	15,5	62,5	17,6	64,7	64,5	64,5	18,4	63,7

Таблица 15 – Структурный состав почв под полосами разного возраста

Горизонт	Возраст полос							
	2 года		5 лет		19 лет		47 лет	
	размеры структурных отдельностей, мм							
	>1	> 0,25	>1	> 0,25	>1	> 0,25	>1	>0,25
A ₁	27,7	70,6	29,1	71,8	54,8	77,8	66,8	77,9
A ₂	27,1	74,2	30,3	74,1	37,3	79,4	59,4	78,7
B ₁	27,4	73,2	34,6	74,7	37,9	77,9	37,3	78,3
B ₂	26,5	73,6	26,5	73,6	35,5	76,0	30,8	76,3
C	17,8	64,6	22,4	64,8	29,0	71,5	24,0	69,4

Мощность снегового покрова и запас воды в нем на полях, окаймленных лесными полосами, по исследованиям авторов значительно выше, чем на полях в открытой степи (табл. 16).

Под широкими лесными полосами мощность снегового покрова и запас воды в нем меньше, чем под узкой полосой, что связано не только с шириной полосы, но и с конструкцией полос. В широких полосах ажурной конструкции снег

не формирует сугробы, как это имеет место в молодых полосах и узких полосах. Влажность почвы весной больше под узкой полосой, чем под широкими лесными полосами, но начиная с летних месяцев, она становится ниже под узкой полосой. Влажность почвы на некосимом заповеднике приближается к влажности почвы под широкими лесными полосами, а на косимом заповеднике она стоит ближе к полю, занятому сельскохозяйственной культурой (табл. 17).

Таблица 16 – Снеговой покров в лесных полосах, на поле и в открытой степи

Наименование варианта	Мощность снегового покрова в см	Плотность снегового покрова, г/см ³	Запас воды в снеговом покрове, мм
Лесная полоса 106,5 м	49,7	0,26	129,2
Лесная полоса 64 м	52,0	0,27	140,6
Лесная полоса 32 м	57,0	0,28	159,6
Лесная полоса 6,4 м	69,3	0,36	248,4
Поле № 7 лес	39,8	0,23	91,5
Поле №2 лес	43,6	0,25	109,0
Поле №2 степь	23,0	0,33	75,9
Поле №6 степь	16,8	0,32	53,8

Таблица 17 – Влажность почвы под лесными полосами различной ширины и заповедниках, %)

Наименование варианта	Слой почвы	Дата взятия образцов							
		24.04	20.05	21.06	25.07	22.08	22.09	28.10	27.11
40-я лесная полоса (106,5 м ширины)	0-20	46,2	36,9	28,6	29,2	29,2	38,8	41,2	39,8
	0-100	38,2	33,1	26,3	25,8	27,1	29,1	31,4	30,5
	0-200	-	-	-	-	-	-	-	27,8
27-я лесная полоса (64 м ширины)	0-20	47,7	32,7	26,0	25,3	24,9	37,0	36,5	46,5
	0-100	41,5	31,9	23,1	23,1	22,3	27,7	29,9	23,7
17-я лесная полоса (32 м ширины)	0-20	46,3	34,6	25,1	24,4	19,9	36,5	40,1	-
	0-100	41,8	31,6	23,4	22,6	19,6	28,2	30,1	-
66-я лесная полоса (6,4 м ширины)	0-20	48,3	32,9	23,8	23,7	19,4	31,2	36,4	36,5
	0-100	43,4	30,9	23,0	22,9	20,0	26,9	29,0	28,0
Заповедник некосимый	0-20	48,9	36,5	24,2	26,0	20,5	48,6	48,7	44,9
	0-100	39,9	33,8	22,3	23,5	20,5	30,6	34,1	37,9
	0-200	-	-	-	-	-	-	-	33,0
Заповедник косимый	0-20	41,8	28,6	19,7	16,9	15,9	40,3	43,2	41,8
	0-100	36,7	29,8	19,5	18,2	18,0	28,2	30,6	32,2
	0-200	-	-	-	-	-	-	-	27,0

Исследованиями установлено, что под лесными полосами по сравнению с полем, занятым сельскохозяйственной культурой, увеличилось общее количество перегноя, а также количество воднорастворимого перегноя. Содержание об-

шего и воднорастворимого перегноя на заповедниках косимом и некосимом выше, чем под лесными полосами (табл. 18, 19).

Таблица 18 – Содержание перегноя по Тюрину, %

Горизонт	Лесные полосы				Заповедник		Поле под с.-х. культурой
	ширина полос, м				некосимый	косимый	
	106,5	64	32	6,4			
A ₁	9,25	9,38	9,58	10,30	10,80	9,95	8,38
A ₂	8,76	8,54	8,42	9,04	10,60	7,28	7,43
B ₁	5,39	5,25	5,65	6,47	7,28	5,69	5,30
B ₂	2,89	3,80	3,02	3,94	3,76	3,25	2,70
C	1,75	1,52	1,18	1,82	2,14	2,30	1,90

Содержание общего перегноя (табл. 20) и показатели почвенного поглощающего комплекса (табл. 21) с возрастом полос изменялось в таком же направлении, как и от поля к лесным насаждениям.

Таблица 19 – Воднорастворимый перегной по Кубаль – Тиману, %

Горизонт	Лесная полоса				Заповедник		Поле под с.-х. культурой
	ширина полос в м				некосимый	косимый	
	106,5	64	32	6,4			
A ₁	0,053	0,051	0,051	0,056	0,057	0,058	0,039
A ₂	0,045	0,045	0,045	0,048	0,048	0,052	0,037
B ₁	0,037	0,039	0,038	0,037	0,046	0,040	0,036
B ₂	0,034	0,036	0,034	0,030	0,041	0,031	0,024
C	0,031	0,030	0,031	0,025	0,026	0,035	0,018

Таблица 20 – Влияние возраста лесных полос на содержание перегноя в почве по Тюрину

Горизонт	Лесная полоса			
	47 лет	19 лет	5 лет	2 года
A ₁	8,77	8,88	8,61	8,59
A ₂	7,72	8,14	7,62	7,51
B ₁	5,30	5,29	5,95	5,33
B ₂	3,92	3,85	3,79	3,61
C	1,77	1,35	1,75	1,35

При определении группового состава перегноя (табл. 22) авторами замечено, что под широкими лесными полосами гуминовых кислот больше, чем на поле под сельскохозяйственной культурой и под узкой лесной полосой.

Содержание гуминовых кислот под полосами преобладает над содержанием фульвокислот. Результаты исследований, проведенными в 50-е годы (М.М. Ко-

нонова, Н.П. Бельчикова 1953; П.Г. Адерихин, 1967) подтверждены выводы сделанные Г.М. Туминым в конце 20-х годов и намечены некоторые шаги по дальнейшему углублению исследований в данном направлении. При изучении влияния лесных полос на содержание гумуса в почве получены следующие результаты (табл. 23).

Таблица 21 – Влияние возраста лесных полос на показатели почвенно-поглощающего комплекса

Возраст лесной полосы	рН солевой вытяжки по Михаэлису	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Степень насыщенности основаниями, %
		мг-экв/100 г почвы		
Лесная полоса 2 лет	6,6	1,97	54,2	96,6
Лесная полоса 5 лет	6,6	1,77	55,0	96,6
Лесная полоса 19 лет	6,4	2,22	52,9	95,9
Лесная полоса 47 лет	5,5	2,52	52,5	95,4

В конце 60-х начале 70-х годов исследования по влиянию лесных полос на почву Каменной Степи проведено сотрудницей Воронежского государственного университета З.С. Богатыревой. Однако, к сожалению, в институте нет ни каких её отчётов, поэтому мы вынуждены опустить материалы её исследований.

Таблица 22 – Состав перегноя от общего содержания углерода в %

Наименование варианта	Гуминовая кислота	Фульво-кислота	Гидролизуемое органическое вещество	Негидролизуемое органическое вещество
Лесная полоса 106,5 м ширины	38,7	13,6	7,3	35,9
Лесная полоса 32 м ширины	35,5	20,8	7,2	35,1
Лесная полоса 6,4 м ширины	27,6	16,2	9,4	38,5
Поле под с.-х. культурой	30,3	12,9	3,3	41,5

Таблица 23 – Содержание гумуса в почве, %

Угодье	Год исследования	Слой почвы, см	Содержание гумуса	
			М.М. Кононова, Н.П. Бельчикова (1953)	П.Г.Адерхин (1967)
Пашня среди лесных полос	195?	0-20	8,90	-
Пашня в открытой степи	195?	0-20	7,96	-
Пашня среди лесных полос	1953	1-25	-	9,65
Пашня в открытой степи	1953	1-25	-	8,36

Таким образом, приведенные материалы исследований по влиянию лесных полос на почву, проведенные в Каменной Степи в разные годы, свидетельствуют о большом и разнообразном их влиянии на процессы почвообразования и почвенное плодородие. Поэтому изучением данного вопроса в настоящее время, через 120 лет после начала полезащитного лесоразведения в Каменной Степи, можно было бы проверить установленные ранее и выявить новые закономерности влияния лесных полос на почву, которые могли бы иметь как теоретическую ценность, так и большое народнохозяйственное значение.

II. Влияние севооборотов на почву Каменной Степи

Изучение влияния различных сельскохозяйственных культур на плодородие почвы началась в Каменной Степи после введения травопольной системы земледелия, считавшейся тогда передовым учением в земледелии, повышающим плодородие почвы. Первое изучение по этому вопросу датируется 1944-1945 гг. и отображено в отчете М.И Сучалкиной (№ 180) за 1945 год. В результате этих исследований автор пришел к выводу, что при использовании почвы в травопольном севообороте происходит увеличение эффективности плодородия почвы, а именно идет процесс восстановления структуры почвы и её прочности, наполнение и закрепление перегноя и азота, а так же накопление содержания влаги в почве. При использовании почвы вне севооборота ухудшается её плодородие, происходит потеря перегноя, азота, разрушение структуры и её прочности, а в связи с этим уменьшается накопление и содержание влаги в почве.

В отчете № 181 за 1945 год и № 202 за 1946 год Г.Н. Котляровым показано, что различные травосмеси многолетних трав разных лет пользования, начиная с 1-го года и до 4-х лет включительно, улучшают физические и химические свойства почвенного покрова, восстанавливают структуры почвы, увеличивают количество перегноя и азота, накапливая корневые остатки. При однолетнем пользовании травосмесями в полевом севообороте, при посеве их под озимую пшеницу, восстановление структуры почвы и накопления перегноя, азота и корневых остатков достигает таких же величин, как и при двухлетнем пользовании тех же травосмелей, подсеянных под яровые.

В условиях полезащитных лесных полос, почвенный покров имеет все показатели выше, чем условиях степи. В кормовых севооборотах по сложной травосмеси, после 4-х летнего пользования, получены самые высокие показатели структуры, перегноя, азота и корневых остатков, достигающие естественной зелени. К лучшим двухчленным травосмесям в полевых севооборотах нужно отнести пырей-люцерну, при подсеве их под озимые. Наибольшее количество гумуса

и азота накапливается в почве, в течение первых двух лет пользования травосмесями.

Многолетние исследования по изменению органического вещества обыкновенного чернозема в Каменной Степи при травопольной системе земледелия обобщены в статье М.И. Сучалкиной (1950). На основании полученных данных она дает следующие выводы:

1. Травосмеси многолетних трав способствуют накоплению, как общего содержания органического вещества, так и активных его форм. В составе органического вещества под травами и абсолютно (к весу почвы) и относительно (в составе) увеличивается содержание гуминовых кислот, состоящих в форме непрочной связи с минеральной частью почвы. Особенно заметно увеличивается фракция подвижных или свободных гуминовых кислот – свежее образованные органические вещества находятся в состоянии непрочной связи с почвой или частично в свободном состоянии.

2. Накопление органического вещества почвы зависит от полноценности травосмесей, возделываемых на поле. При более мощном развитии травостоя многолетних трав в смеси бобовых со злаковыми улучшение условий плодородия почвы происходит с большей интенсивностью и в более короткие сроки. При слабом развитии травостоя многолетних трав улучшение к условий плодородия почвы происходит с меньшей эффективностью и за более продолжительный период.

3. Полезащитные лесные полосы способствуют обогащению почвы органическим веществом вследствие более мощного развития надземной и корневой масс травосмесей многолетних трав.

Однако влияние травосмесей на изменение содержания гумуса и общего азота, нам кажется, несколько преувеличено. В самом деле по данным М.М. Сучалкиной в 1946 году до посева травосмеси в почве содержалось 0,428 % общего азота и 9,16 % гумуса, а в 1948 году после 2-х летней травосмеси пырей + люцерна эти показатели составляли соответственно 0,475 и 9,50 %; т.е. количество общего азота возросло на 0,047, а гумуса на 0,34 %. Если сделать при этом перерасчет изменения содержания общего азота на абсолютные величины, то получается, что даже в слое 0-20 см количество валового азота за 2 года увеличилось на 900-1000 кг/га (для всего корнеобитаемого слоя эта цифра будет еще выше). В то же время, из литературных данных известно, что даже в чистом виде люцерна оставляет в почве не более 200-250 кг/га азота. Поэтому полученные автором результаты по влиянию многолетних трав на плодородие почвы видимо требуют проверки и уточнения. А также, в связи с этим представляет интерес изучение вопросов азотофиксации различными культурами.

Исследования, проведенные в Каменной Степи с 1970 по 1981 гг. (А.К. Свиридов, 1983) показали, что различия в содержании гумуса зависят как от степени насыщения севооборотов зерновыми культурами, так и от состава незерновых культур. По данным автора при определенных условиях чередования, набора культур и насыщения севооборотов до 70-80 % зерновых культур (60% колосовых) с внесением за ротацию $N_{600}P_{600}K_{600}$ в виде минеральных удобрений можно получить в почве положительный баланс гумуса и азота. Так, в севообороте с 70 % зерновых культур (60% колосовых) и тремя полями бобовых культур (одно поле гороха и 2 многолетних трав содержание гумуса за десятилетнюю ротацию в слое почвы 0-20 см увеличилось с 7,13 до 7,22 %, а в слое 20-50 см с 6,35 до 6,44 % (табл. 24).

Таблица 24 – Изменение содержания гумуса за ротацию 10-польных севооборотов, %

Севооборот	Годы		Слой почвы, см		
			0-20	20-50	0-50
Зернопропашной: 60% зерновых без бобовых, без пара (50% колосовых)	1970-71		7,22	6,54	6,81
	1980-81		7,19	6,49	6,77
	Отклонение	%	-0,03	-0,05	-0,04
		т/га			-2,4
Зернопаропропашной: 70% зерновых с 1-полем пара, гороха и мн. Трав (50% колосовых)	1970-71		7,29	6,77	6,98
	1980-81		7,08	6,66	6,83
	Отклонение	%	-0,21	-0,11	-0,15
		т/га			-9,0
Зернопропашной: 70% с одним полем гороха и мн. трав (60% колосовых)	1970-71		7,36	6,66	6,94
	1980-81		7,36	6,70	6,96
	Отклонение	%	0	+0,04	+0,02
		т/га			+1,2
Зернопропашной: 80% зерновых с двумя полями гороха (50% колосовых)	1970-71		7,12	6,64	6,83
	1980-81		7,18	6,75	6,92
	Отклонение	%	+0,06	+0,11	+0,09
		т/га			+5,4
Зернопропашной: 70% зерновых с двумя полями мн. Трав и одним полем гороха (60% колосовых)	1970-71		7,13	6,35	6,66
	1980-81		7,22	6,44	6,75
	Отклонение	%	+0,09	+0,09	+0,09
		т/га			+5,4
Зернопаропропашной: 70% зерновых с 1-полем гороха и пара (60% колосовых)	1970-71		7,52	6,37	6,83
	1980-81		7,41	6,37	6,79
	Отклонение	%	-0,11	0	-0,04
		т/га			-2,4
Зерновой: 100% зерновых, 2-мя полями гороха (80% колосовых)	1970-71		7,32	6,44	6,79
	1980-81		7,10	6,47	6,72
	Отклонение	%	-0,22	+0,03	-0,07
		т/га			-4,2

В севообороте с двумя полями бобовых культур изменений в содержании гумуса за ротацию не отмечено.. Введение вместо поля многолетних трав чистого пара приводит к повышению минерализации органического вещества, в результате чего в слое 0-20 см получен отрицательный баланс гумуса - 0,11 %, в слое 20-50 см его количество осталось на первоначальном уровне.

Данные по изменению валовых запасов азота в почве соответствуют динамике гумуса (таблица 25). Однако следует отметить, что изменение запасов азота, если их выразить в т/га, так же кажутся преувеличенными. Так в зернопропашном севообороте с 70 % насыщением зерновыми (60 % колосовых) за 10 лет содержание азота, по данным автора уменьшилось на 1620 кг / га, т.е. ежегодно при постоянном внесении по 60 кг/ га NPK дефицит азота составил по 162 кг/га. В зернотравянопропашном севообороте, наоборот, ежегодно происходит увеличения валового азота в почве в среднем на 96 кг/га. И первое, и второе маловероятно. Скорее всего, здесь причина в точности анализа. Так, ошибка при анализе уже на 0,01 % меняет содержание азота в почве на 600 кг/ га, а точность химических определений гумуса и азота в почве, как известно значительно ниже.

Таблица 25 – Изменение содержания валового азота за ротацию 10-польных севооборотов, %

Севооборот	Годы		Слой почвы, см		
			0-20	20-50	0-50
Зернопропашной: 60% зерновых без бобовых, без пара (50% колосовых)	1970,1971-1980,1981	%	-0,045	-0,005	-0,21
		т/га			-1,26
Зернопаропропашной: 70% зернов. с 1 полем пара, гороха и мн. тр. (50% колосовых)	1970,1971-1980,1981	%	-0,019	-0,44	-0,034
		т/га			-2,04
Зернопропашной: 70% с 1 полем гороха и мн. трав (60% колосовых)	1970,1971-1980,1981	%	-0,031	-0,025	-0,027
		т/га			-1,62
Зернопропашной: 80% зерновых с 2 полями гороха (50% колосовых)	1970,1971-1980,1981	%	-0,025	-0,027	-0,026
		т/га			-1,56
Зернопропашной: 70% зерновых с 2 полями мн. трав и 1 полем гороха (60% колосовых)	1970,1971-1980,1981	%	-0,019	+0,039	+0,016
		т/га			+0,96
Зернопаропропашной: 70% зерновых с 1 полем гороха и пара (60% колосовых)	1970,1971-1980,1981	%	-0,011	-0,016	-0,014
		т/га			-0,84
Зерновой: 100% зерновых, с 2 полями гороха (80% колосовых)	1970,1971-1980,1981	%	-0,022	-0,014	-0,017
		т/га			-1,02

Отсюда и получаются трудно объяснимые колебания. Поэтому, мы считаем, что для подтверждения правильности полученных результатов, наряду с аналитическим методом определения азота желательно дополнительно было бы привести балансовый метод учета азота в почве.

В первое десятилетие XXI века углубленное исследование по севооборотной тематике в институте проведено В.И. Турусовым и его учениками Дьячко-

вой Т.И., Недоцук Е.В. и др. (Дьячкова Т.И., 2012). В результате изучения установлено, что введение эспарцета в зерновые севообороты способствует снижению темпов потерь гумуса в черноземах (табл. 26).

Таблица 26 – Изменение содержания гумуса в слое почвы 0-40 см с 2002-2005 по 2008-2010 гг. в севооборотах с эспарцетом, %

Севооборот	Содержание гумуса в среднем по:		Разница, +, -
	звену 2002-2005 гг.	звену 2008-2010 гг.	
Зернопаропропашной	6,43	6,14	-0,29
Зернопаротравянопропашной с 1 полем эспарцета	6,29	6,06	-0,23
Зернопаротравянопропашной с 2-мя полями эспарцета	6,16	5,97	-0,19
Зерновой с 1 полем эспарцета	6,20	6,11	-0,09
Зерновой с 2-мя полями эспарцета	6,23	6,05	-0,18

В зернопаротравянопропашном севообороте с 2-мя полями эспарцета и в зерновых севооборотах с 1-м и 2-мя полями эспарцета разложение растительных остатков происходит не так интенсивно, как в зернопаропропашном севообороте, что способствует «омолаживанию» гумуса. Эспарцет в зерновых севооборотах выступает регулирующим звеном в накоплении растительных остатков с высоким содержанием углерода, тем самым ослабляя риск почвоутомления и способствуя пополнению запасов гумуса.

В зернопаропропашном севообороте и зернопаротравянопропашном севообороте с 1 полем эспарцета по сравнению с зернопаротравянопропашным севооборотом с 2-мя полями эспарцета и зерновыми севооборотами происходит изменение в составе гумуса: повышается содержание гуминовых кислот и уменьшается содержание фульвокислот, т. е. отношение С_{гк}:С_{фк} расширяется. По мнению авторов, это связано с поступлением в почву разнокачественной растительной биомассы, особенностями ее разложения и включения продуктов минерализации в состав гуминовых веществ.

Исследованиями также установлено, что содержание в почве лабильного органического вещества (ЛОВ) – предвестника гумуса, в севооборотах с многолетними травами существенно выше, чем в зернопропашном севообороте, где более интенсивно протекают процессы минерализации органического вещества почвы.

Резюмируя результаты исследований по влиянию сельскохозяйственных культур и их ротаций на плодородие почвы, следует признать, что культуры и их чередование в севооборотах является мощным фактором воздействия человека на почву и её плодородие. Поэтому дальнейшее углубление изучения изменения

плодородия почвы под действием различных сельскохозяйственных культур в целом севооборотов с использованием балансовых методов, а также привлечением современных методов изучения, в том числе и метода меченых атомов способствовало бы выявлению основных закономерностей и получению данных с высокой достоверностью, что имело бы большое теоретическое и практическое значение.

III. Влияние удобрений на почву в Каменной Степи

Влияние удобрений на плодородие почв Каменной Степи изучалось в основном в стационарном опыте отдела применения удобрений (Годунов, Покудин), а так же некоторый материал по этому вопросу имеется по стационарному опыту отдела земледелия (Витер, Новичихин).

Изменения содержания гумуса в стационарном опыте отдела применения удобрений за первую ротацию приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Содержание гумуса на разноудобренных деланках, %

Вариант опыта	Слой почвы, см	Исходные образцы, 1966-1968 гг.	После 1-й ротации, 1972-1974 гг.	Отклонение от исходного	
				за 7 лет	за 1 год
Контроль (без удобрений)	0-20	7,71	6,68	-1,03	-0,157
	20-40	6,30	6,08	-0,22	-0,031
NPK	0-20	7,95	7,39	-0,56	-0,080
	20-40	6,90	6,56	-0,34	-0,048
1 доза навоза	0-20	7,55	7,95	+0,40	+0,057
	20-40	6,78	7,27	+0,49	+0,070
1/2 NPK+1/2 навоза	0-20	7,02	7,33	+0,31	+0,044
	20-40	5,80	6,67	+0,87	+0,120

Однако количественная сторона изменения содержания гумуса в почве по этим данным вызывает некоторые сомнения. И вот почему. За семь лет на контрольном варианте в слое почвы 0-20 см содержание гумуса снизилось на 1,03%, а в слое 20-40 см на 0,22%, или в целом в слое 0-40 см на 25-27 т/га. Ежегодные потери гумуса из слоя при этом составлении в среднем 3,6-3,8 т/га, что может быть только при отрицательном балансе азота в почве равном 180-190 кг/га ежегодно, который возможен при ежегодном, в течении семи лет получении урожая (на контрольном варианте) не менее 60 ц/га зерна или 600 ц/га сахарной свеклы, или 70 ц/подсолнечника и т.д. Поэтому такое значительное уменьшение содержания гумуса за 7 лет нам кажется маловероятным. Вместе с этим некоторое неприятие вызывает и установление авторами, повышение содержания гумуса в

слое почвы 0-40см на 0,445% или на 18-20 т/га при внесении за ротацию 40 т/га навоза. Простым арифметическим расчетом это легко опровергается: если считать что 1т навоза в среднем содержит 5 кг азота, то при внесении 40т/га с навозом в почву потупит 200 кг/ азота, который даже при полной трансформации в гумус обеспечат образование не 18-20 т/га, а лишь 4 т/га. В действительности если учитывать, что некоторая часть навоза минерализуется до минеральных элементов питания и потребляется растениями, то количество образующего гумуса из 40 т навоза будет ещё меньше, чем 4 т.

Так же обстоит дело и с вариантом, в котором применялась органоминеральная система удобрений.

Данные по изменению плодородия почвы в этом опыте после второй ротации приведены И.Б. Годуновым (1983) по нашему мнению более близки к реальным (табл. 28). Они показывают, что за 14 лет на контрольном варианте содержание гумуса в слое почвы 0-40 см уменьшилось на 0,22% или примерно на 8,5-9,5 т/га. В среднем за год это уменьшение составляло 0,6-0,7 т/га. Внесение $N_{421}P_{241}K_{612}$ с минеральными удобрениями за 14 лет сократило потери гумуса из слоя 0-40 см за этот период до 5,4-6,0 т/га, а в среднем за год до 0,4 т/га.

Таблица 28 – Изменение содержания гумуса и общего азота в почве за две ротации севооборота, %.

Варианты опыта(внесено за две ротации)	Слой почвы, см	Гумус по Тюрину			Общий азот по Кьельдалю		
		исходные 1966-1968 гг.	конечные 1980-1982гг.	изменение в содержании гумуса	исходные 1966-1968 гг.	конечные 1980-1982 гг.	изменение содержания общего азота
Контроль, без удобрений	0-20	7,79	7,04	-0,75	0,366	0,327	-0,039
	20-40	6,04	6,36	+0,32	0,326	0,290	-0,036
$N_{421}P_{241}K_{612}$, экв. вар. Навоз 80 т	0-20	7,56	7,45	-0,11	0,357	0,342	-0,015
	20-40	6,64	6,48	-0,16	0,325	0,310	-0,015
$N_{842}P_{482}K_{1224}$, экв. вар. Навоз 160 т	0-20	7,71	7,48	-0,23	0,352	0,360	+0,08
	20-40	5,54	6,17	+0,63	0,352	0,264	-0,088
Навоз, 80 т	0-20	7,50	7,62	+0,12	0,348	0,367	+0,019
	20-40	6,63	6,68	+0,05	0,308	0,321	+0,013
Навоз, 160 т	0-20	6,91	7,16	+0,25	0,359	0,357	-0,002
	20-40	5,48	5,98	+0,50	0,274	0,304	+0,030
Навоз 40 т + $N_{211}+P_{120}K_{306}$	0-20	7,28	7,06	-0,22	0,309	0,323	+0,014
	20-40	6,32	6,22	-0,10	0,280	0,280	0,000

Применение 80 т/га навоза за две ротации повысило содержание гумуса в почве на 3,4-3,7 т/га.

Как мы видим, приведенные И.Б.Годуновым данные по изменению содержания гумуса после двух ротации севооборота близки к теоретически возможным. Однако следует отметить, что содержание гумуса в исходных образцах (за 1966-1968 гг.), приведенных И.Б. Годуновым и Г.П. Покудиным (1977) и И.Б. Годуновым (1983), различаются. Это затрудняет возможность делать какие-либо выводы.

Очень детальное изучение влияния удобрений на плодородие почвы прослежено в стационарном опыте отдела земледелия автором этого отчета под руководством заведующего отделом земледелия Витера А.Ф. Сравнились ежегодно удобряемые и ежегодно не удобряемые варианты на фоне различных сортов и глубин в основной обработке почвы.

Исследования проведены через 12 лет (1980-1982 гг.) после закладки стационарного опыта. За это время на удобряемые варианты ежегодно под все культуры вносилось по 60 кг/д.в. NPK в виде минеральных удобрений и дважды за ротацию севооборота применялся навоз по 30 т/га. Таким образом, за 12 лет внесено 720 кг/га минерального азота и около 300 кг/га азота с навозом.

В среднем все удобряемые варианты и не удобряемые варианты независимо от способов обработки в пространстве были представлены в 120-ти кратной повторности, а отобрано на них было по 1200 индивидуальных проб.

Результаты исследований показали, что в слое 0-40см удобрения обеспечило всего лишь на 5,72 т/га гумуса больше, чем варианты без удобрения, т.е. из 1020 кг/га внесенного азота в гумус перешло лишь 250-260 кг (при соотношении углерода к азоту в гумус 13,1:1). Остальная часть азота, видимо, пошла на использование растениями, потерю на вымывание и денитрификацию.

Таким образом, даже более высокий уровень удобренности, чем в опыте И.Б. Годунова и Г.П. Покудина не обеспечил положительного баланса гумуса в почве. Удобрение лишь способствовало сохранению ежегодно в среднем на 0,5 т/га гумуса больше по сравнению с вариантами без удобрений.

IV. Влияние механической обработки на почву Каменной Степи

Мощным фактором антропогенного воздействия на почву является механическая обработка. Нарушая динамическое равновесие в экологической системе почва-растения-атмосфера и изменяя биохимический круговорот веществ и энергии в биосфере, она в большинстве случаев обуславливает снижение плодородия. Но как известно, и в наши дни обработка остается важнейшим агротехническим звеном в системе земледелия, определяющим водно-воздушное и мине-

ральное питание растений и осуществлено влияющим на урожайность полевых культур. Поэтому перед современным земледелием остро стоит проблема уменьшения неблагоприятного влияния обработки на почвенное плодородие, а в комплексе с другими агроприемами сохранение и расширенное её воспроизводство.

Агротехническое значение различных приемов обработки почвы в Каменной Степи изучалось на протяжении последних 40-50 лет многими исследователями (В.П. Бойко, И.А.Скачков, Д.П. Бурнадский, В.В. Яровенко, Н.Н. Иванов, А.Ф. Витер, О.Г. Котлярова, А.Л. Качанин, В.Г. Андрюхов, В.Т. Калашников, А.В. Шевелев, В.Г. Мирошник, В.А. Гулидова, А.П. Волобуев и др.).

Изучение влияния различных способов и глубины основной обработки на почву Каменной Степи начало проводиться после закладки А.Ф. Витором в 1968-1970 гг. длительного стационарного опыта, схема которого включает ежегодные вспашки под все культуры севооборота на глубину 20-22, 25-27, 30-32 и 35-37 см, ежегодную обработку плоскорезом на 10-12 см под зерновые и 30-32 см под пропашные культуры, ежегодное рыхление лугов без отвалов на 25-27 см, а так же варианты с переменной глубиной вспашки в севообороте.

Многолетние исследования автора и его учеников (В.Т. Калашников, А.В. Шевелев, В.Г.Мирошник, В.А. Гулидова, А.П. Волобуев, А.М. Новичихин, В.И. Турусов, Т.А Трофимова) показали, что наиболее эффективным приемом основной обработки почвы в Каменной Степи является вспашка на глубину от 20-22 до 25-27 см. По глубоким вспашкам на 30-32 и 35-37 см, а так же по плоскорезной обработке и безотвальному рыхлению плугом условия питания растений складываются значительно хуже, чем по отвальной обработке на обычную глубину, а именно: снижается численность микроорганизмов в почве и интенсивность выделения из нее углекислоты, уменьшается количество подвижных гуминовых кислот и нитридного азота в пахотном слое.

Довольно детальное изучение влияния приемов обработки на плодородие почвы в данном стационарном опыте проведено в 1980-1982 годы А.М. Новичихиным под руководством А.Ф. Витера, которое позволило прийти к следующим выводам. Установлено, что с увеличением глубины вспашки и при обработках почвы без оборота пласта биологические процессы трансформации органического вещества по сравнению со вспашкой на глубину от 20-22 до 20-27 см смещаются в сторону усиления минерализации: расширяется отношение между количеством микроорганизмов, ассимилирующих минеральный и органический азот (табл. 29) снижается ферментативная активность полифенолоксидазы, кататализирующей синтез гумуса, и повышается активность пероксидазы и каталазы, участвующих в его разложении, на 15-30% уменьшается новообразование гуминовых кислот (табл. 30).

Таблица 29 – Соотношение между количеством микроорганизмов ассимилирующих минеральный и органический азот (КАА:МПА) при различных обработках почвы

Слой почвы, см	фон	Ежегодная вспашка на глубину, см				Ежегодная обработка плоскорезом	Ежегодное рыхление плугом без отвалов на 25-27 см
		20-22	25-27	30-32	35-37		
0-20	удобрено	2,44	1,86	3,05	3,38	3,06	2,99
	без удобр	2,34	2,28	2,36	3,25	2,22	2,50
20-30	удобрено	2,50	2,84	3,49	2,58	3,33	2,75
	без удобр	2,16	2,29	2,80	4,11	3,00	2,42
30-40	удобрено	2,58	2,60	3,59	2,60	2,99	3,81
	без удобр	2,75	2,20	2,88	2,72	1,86	2,67
0-40	удобрено	2,49	2,29	3,30	2,99	3,11	3,31
	без удобр	2,40	2,26	2,60	3,33	2,33	2,25

Наибольшее усиление процессов минерализации органического вещества по глубоким вспашкам происходит в слое 0-20 см, а по безотвальным обработкам – в нижележащих горизонтах.

Таблица 30 – Биохимическая активность и содержание подвижных гуминовых кислот при различных приемах основной обработке, 1980-1982 гг.

Варианты опыта		Полифенолоксидаза	Пероксидаза	Коэф. накопления гумуса	Каталаза, мл O ₂ за 3 мин на 1 г почвы	Уреаза, мг NH ₃ на 100 г почвы	Гуминовые кислоты, извлекаемые 01, н
		мг пурпургаллина на 100 г почвы за 30 мин.					
Ежегодная вспашка на 20-22 см	A ^I	110,5	74,5	1,48	14,8	246	0,126
	B ^{II}	107,8	72,9	1,48	16,0	243	0,108
То же, на 25-27 см	A	-	-	-	14,6	210	0,118
	B	-	-	-	14,8	206	0,118
То же на 30-32 см	A	-	-	-	15,0	212	0,107
	B	-	-	-	16,4	204	0,077
То же на 35-37 см	A	105,5	78,5	1,34	16,7	198	0,094
	B	104,4	76,5	1,37	17,0	196	0,098
Ежегод. обр. плоскорезом	A	104,9	78,4	1,34	16,8	252	0,090
	B	103,2	76,3	1,35	16,2	288	0,075
Ежегод. рыхл. плугом без отвала на 25-27 см	A	-	-	-	16,8	261	0,086
	B	-	-	-	17,2	285	0,086

A – удобрено; B – без удобрений

Вспашка на глубину от 20-22 до 25-27 см в сочетании с удобрениями созда-

ет наиболее благоприятные условия пищевого режима почвы. Заделка удобрений под глубокие вспашки приводит к снижению нитратного азота в пахотном слое и увеличению в слое 60-100 см и горизонтах материнской породы на глубине 1-2 м. Это вызывает более непроизводительное использование нитратов растениями, особенно в первый период их развития, и приводит к загрязнению окружающей среды.

Безотвальные обработки, аккумулируя основное количество удобрений и послеуборочных остатков в поверхностном слое почвы, ухудшают условия роста и развития растений в засушливый периоды.

Установлено, что ежегодное многолетнее применения глубоких отвальных, а так же безотвальные обработок почвы, по сравнению с постоянной вспашкой на глубину 20-22 см приводит к уменьшению органического углерода в почве (табл. 31). По отношению ко вспашкам на 20-220см, вспашка на 30-32 и 35-37 см достоверно снизили содержание углерода в слое почвы 0-40 см соответственно на 0,24 и 0,41%, а плоскорезная и безотвальная обработка на 0,28 и 0,22%.

Таблица 31 – Содержание гумуса в почве при различных способах и глубине основной обработки, %.*

Вариант опыта		Слой почвы, см				
		0-20	20-30	30-40	0-40	
Ежегодная вспашка на 20-22 см		А	7,74	7,62	6,67	7,44
		Б	7,74	7,55	6,42	7,36
То же, на 25-27 см		А	7,73	7,59	6,69	7,43
		Б	7,55	7,49	6,43	7,26
То же, на 30-32 см		А	7,45	7,35	6,91	7,29
		Б	7,31	7,23	6,65	7,12
То же, на 35-37 см		А	7,33	7,09	6,80	7,14
		Б	7,10	6,99	6,60	6,95
Ежегодная обработка плоскорезом		А	7,58	7,29	6,14	7,15
		Б	7,56	7,17	6,05	7,08
Ежегодное рыхление плугом без отвалов на 25-27 см		А	7,58	7,37	6,42	7,24
		Б	7,57	7,24	6,16	7,14
НСР _{0,05} %	Обра- ботка	Частный эффект	0,17	0,19	0,26	0,15
		Главный эффект	0,12	0,14	0,18	0,11
	Удобре- ние	Частный эффект	0,13	0,15	0,18	0,10
		Главный эффект	0,05	0,06	0,08	0,04
В севообороте две вспашки на 30-32 см, две – на 25-27см, шесть – на 20-22 см **		А	7,56	7,46	6,54	7,28
		Б	7,45	7,30	6,36	7,14
Исходное содержание гумуса за 1968-1970 гг.			7,83	7,78	6,92	7,59

Примечание: А – удобрено, Б – без удобрений.

* Данные в среднем по 18-ти повторениям опыта за 1980-1982 гг.

** Данные в среднем по 12-ти повторениям опыта за 1981-1982 гг.

С углублением вспашки наиболее заметное снижение гумуса произошло в верхнем слое почвы 0-20 см. По безотвальным обработкам гумусированность этого слоя по сравнению с ежегодной вспашкой на 20-22 см уменьшалась, но не всегда достоверно. Та же зависимость наблюдается в слое почвы 20-30 см, но различия между вспашками выражены несколько слабее, а по безотвальным обработкам (сравнение с обычной вспашкой) они возросли до достоверных.

Глубокая вспашка на 30-32 см и 35-37 см (по сравнению с обычной вспашкой) способствовала некоторому повышению содержания гумуса в слое 30-40 см. Еще более значительное, чем в слое 20-30 см (по отношению к отвальным обработкам) отмечается обеднение гумусом слоя 30-40 см по обработкам почвы без оборота пласта, особенно по плоскорезной. В слое 40-60 см по безотвальным обработкам (в сравнении со вспашками) также происходило некоторое обеднение гумусом почвы.

Сопоставляя данные исследований по содержанию гумуса и плотностью сложения почвы между отвальной и безотвальной обработками на 25-27 см и между плоскорезным и безотвальным рыхлениям установлено, что более существенное значение в изменении гумусированности почвы имели не различия в аэрации, а условия заделки и распределения послеуборочных остатков в пахотном слое. Так, различия в пахотном слое почвы между плоскорезной обработкой и безотвальным рыхлением обусловили меньшие расхождения в содержании углерода, чем при практически одинаковом сложении, различия в условиях заделки и распределения корневых и пожнивных остатков между отвальной и безотвальной обработкой на 25-27 см. По ежегодному рыхлению плугом без отвалов меньшее поступление растительных остатков в нижние горизонты пахотного слоя в сравнении со вспашкой привело к достоверному снижению гумуса в слое 20-40 см. Отмечена закономерность наблюдалась как на фоне с удобрениями, так и без них.

Уменьшение содержания гумуса в почве по безотвальным обработкам (в сравнении со вспашкой на 20-22 и 25-27 см) по нашему мнению, объясняется менее равномерным распределением послеуборочных остатков в обрабатываемом слое и плохой заделкой пожнивных остатков в почву, т.к. известно, что для процесса гумусообразования необходимо взаимодействие разлагающегося материала с минеральной частью почвы, которое лучше достигается при заделке органических остатков в толщу почвы.

Содержание валовых запасов азота в почве между различными приемами обработки за 12 лет стационарного опыта существенно не изменилось. С увлечением глубины ежегодных вспашек отмечено лишь некоторое их перераспределение по профилю почвы с уменьшением в слое 0-30 см и повышением в слое

30-60 см, а по безотвальным обработкам выявлена тенденция к снижению в слое 30-60 см.

Неодинаково влияя на изменение запасов гумуса и азота в почве, различные приемы обработки обусловили некоторые различия в соотношении между углеродом и азотом. Если по вспашке на 20-22 см в слое 0-40 см значение C:N составляло 13,6, то по вспашке на 35-37 см и плоскорезной обработке снижалось до 13,1, безотвальному рыхлению плугом – до 13,2. Это связано с различием баланса углерода и азота в почве (вследствие различий в урожайности культур) и с неодинаковыми условиями разложения органических веществ при различных способах и глубине обработки. Однако по этому интересному, в теоретическом плане и практическом отношении, вопросу, мы считаем, исследования должны быть продолжены.

Приемы основной обработки существенно не повлияли на изменение валовых запасов калия в почве, реакцию почвенной среды, емкость обмена и степень насыщенности почвы основаниями.

Несмотря на наиболее полную изученность в Каменной Степи роли различных приемов обработки в изменения плодородия почвы, однако, этот вопрос нельзя считать окончательно выясненным. Во первых: потому, что эти исследования поставили много новых, требующих изучения и уточнения, вопросов, а во вторых: потому что в настоящее время в с/х науке дискуссионным является вопрос о влиянии отвальных и безотвальных способов обработки почвы на ее природное плодородие.

V. Изменение содержания гумуса в черноземах Каменной Степи за 90-летний период исследований

Наиболее важными показателями потенциального плодородия почвы являются содержание в ней гумуса и азота.

Как указывалось выше наиболее ранние определения гумуса в почвах Каменной Степи проведены Г.М. Туминым в 1928-1929 гг. (табл.6, 11). Исследования показали, что содержание гумуса в пахотном слое 1-25 см в то время в почвах составляло от 8,95 до 10,86%, а в слое 1-105 см от 4,81 до 6,15%.

В настоящее время по обобщенным данным, полученным за 1972-1982 гг. содержание гумуса в слое почвы 0-20см составляет от 6,68 до 7,74%, а в слое 0-100 от 4,44 до 4,69%. Как видно из проведенных результатов в почвах Каменной Степи происходит постепенное уменьшение количества гумуса. Однако, следует отметить, что подготовка почвенных образцов к анализу и их анализ в 20-30 годах, описанные Е.А. Домрачевой (1935) несколько отличались от ныне принятых. Так отбор корешков растений и полуразложившейся органики производил-

ся только принципом. В настоящее время мы применяем стеклянную палочку, чем обеспечиваем более тщательный отбор корешков и полуразложившейся органики, а так же выносим из почвы некоторую часть мелкозема – наиболее обеспеченную гумусом.

Таким образом, можно предположить, что методика подготовки почвы к анализу, существовавшая ранее (по Домрачевой), обеспечивала получение несколько более высоких результатов по содержанию гумуса в почве, по сравнению с ныне существующей методикой подготовки почвы.

Определить количественное значение разницы между способами подготовки почвы видимо было бы не совсем правильным, так как мы располагаем весьма скудными сведениями о методике подготовки почвы по Домрачевой и, возможно, не знаем некоторых тонкостей. Кроме этого подготовка почвенного образца в значительной мере зависит и от индивидуальных навыков исполнителя, а мы не имеем возможности сравнить исполнителя, готовившего образцы почвы в 20-е годы прошлого века и в последнее время.

Второе, что может оказывать влияние на сравнимость результатов исследований по содержанию в почвах гумуса определенных Г.М. Туминым и полученных в исследованиях НИИСХ ЦЧП В.В.Докучаева в последние годы – это разные методы определения гумуса. Г.М. Тумин использовал метод Густавсона, который отличается от ныне принятого объемного метода по Тюрину, тем что он основан на прокаливании навески почвы в струе сухого чистого кислорода или воздуха.

Сравнительное определение гумуса в образцах различных почв проведенных проф. Сабаниным (Е.А.Домрачевой,1935) между методами Тюрина и Густавсона показало, что при использовании метода Густавсона цифры получаются несколько выше. Для черноземов разница была 0,195, т.е. примерно на 0,2% в пользу метода Густавсона, в абсолютных величинах.

Таким образом, сравнивая данные по содержанию гумуса, полученные Г.М. Туминым 85-86 лет назад с материалом исследований, которыми мы располагаем в настоящее время, видимо, необходимо вводить поправку на 0,3-0,4 % в абсолютных величинах. Однако и при введении поправки, очевидно, что за этот период произошло существенное снижение запасов гумуса в почвах Каменной Степи.

Чтобы проследить динамику изменения содержания гумуса в почвах Каменной Степи в таблице 32 приводятся результаты исследований, выполненные различными авторами начиная с 20-х гг. прошлого века по настоящее время.

Из таблицы видно, что в течение всего периода наблюдений происходило постепенное снижение содержания гумуса в верхнем слое почвы 0-20 см. За 85-летний период оно снизилось на 2,5-3,0% в абсолютных величинах или пример-

но на 50-60 т/га. В среднем на пашне ежегодно в слое 0-20 см минерализовалось по 600-700 кг/га гумуса и высвобождалось примерно по 30-35 кг/га минерального азота, за счет которого происходило формирование урожая сельскохозяйственных культур. Можно предположить, что во всем корнеобитаемом слое гумуса и азота минерализовалось дополнительно ещё какое-то количество.

Таблица 32 – Динамика изменения содержания гумуса в пахотном слое почвы Каменной Степи

Исследователи	Годы	Слой почвы, см	Содержание гумуса, %	Метод определения
Г.М. Тумин (1930)	1928-1929	1-20	8,95-10,86	По Густавсону
Н. Сергиевская (1934)	1934	0-20	8,10-10,70	По Густавсону
В.П. Бойко, А.С.Горбуленко (1949)	1943-1945	0-37	7,91	По Тюрину
М.И. Сучалкина (1945)	1944-1945	0-20	7,90-8,70	По Тюрину
М.М. Кононова (1963)	195?	0-20	7,96-8,90	По Тюрину
И.Б. Годунов (1977)	1966-1968	0-20	7,02-7,95	По Тюрину
А.Ф. Витер (1982)	1968-1970	0-20	7,83	По Тюрину
А.Ф. Витер (1982)	1979-1980	0-20	7,59	По Тюрину
А.Ф. Витер, А.М. Новичихин (1984)	1980-1982	0-20	7,10-7,74	По Тюрину
Т.А. Трофимова (1992)	1985-1987	0-20	6,42-6,92	По Тюрину
Ю.И. Чевердин (2016)	2014	0-20	6,21-7,73	По Тюрину

Хотя на основании этой таблицы нельзя строго судить о количественных изменениях гумуса в почвах Каменной Степи, так как образцы почвы в разные годы отбирались в разное время вегетационного периода на различных участках опытных полей института и не всегда интервалы глубин отбора образцов были индентичными, а так же анализировалось в разное время и разными лаборантами, все же приведенные материалы с достаточной очевидностью свидетельствуют о постепенном уменьшении гумуса.

Основная причина этого явления – несбалансированность азота в почвах. Чтобы предотвратить дальнейшее падение гумусированности почв, необходимо обеспечить 100% возврат отчуждаемых с урожаем элементов питания, и главным образом азота. Это может быть доступно только при правильном совмещенном применении органических и минеральных удобрений, расширении посевов многолетних бобовых трав, а так же зернобобовых культур. Важным элементом более экономичного расходования гумуса при этом является выбор наиболее оптимального способа и глубины основной обработки почвы. Поэтому задачей первостепенной важности, нам представляется, поиск наиболее оптимальных путей поддержания бездефицитного баланса гумуса при помощи разумного применения органических и минеральных удобрений, набора культур в севообороте и

наиболее гумусосберегающих приемов основной обработки. Для этого необходимо изучение различных сочетаний этих факторов многолетнем стационарном опыте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования по влиянию лесных полос, проведенные в Каменной Степи в различные годы, свидетельствуют о большом и разнообразном их влиянии на процессы почвообразования и почвенное плодородие. Под 30-летним влиянием лесных полос (исследования Г.М. Тумина 1928-1929) выявлены существенные изменения в содержании гумуса, морфологии и физике почв, что в большой степени связано с изменением микроклимата на полях, облесенных защитными полосами. По мере приближения к полосам изменения нарастают. В самих полосах они ещё больше усиливаются и обыкновенный чернозем в них переходит в выщелочный. Наиболее интенсивно этот процесс протекает под узкими полосами. Изучение вопросов влияния лесных полос на почву и её плодородие в настоящее время (спустя 120 лет после начала полезащитного лесоразведения в Каменной Степи) могло бы иметь большой научный интерес.

Исследования 40-х годов по влиянию травопольных севооборотов на плодородие почвы показали высокую эффективность многолетних трав, в восстановлении структуры почвы её прочности, накоплении и закреплении перегноя и азота. Опыты 70-90-х годов по насыщению севооборотов зерновыми культурами с использованием в них многолетних бобово-злаковых трав и зернобобовых культур на минеральном фоне удобрений открывают дополнительные возможности по регулированию плодородия почвы. На современном этапе научных разработок требуется значительное уточнение вопросов влияния различных сельскохозяйственных культур и их чередований на плодородие почвы. В связи с этим представляет интерес изучение вопросов азотофиксации различными культурами.

Влияние систем удобрений и уровней удобренности на плодородие почвы Каменной Степи требует дальнейшего изучения и уточнения. Можно отметить лишь, что применение минеральных удобрений с периодическим внесением органических (720 кг/га NPK в виде минеральных и 60 т/га навоза за 12 лет) показало недостаточность данных мероприятий по поддержанию исходной гумусированности почвы.

Изучение различных приемов основной обработки показало неодинаковое их влияние как на величину эффективного, так и на уровень потенциального плодородия почвы в Каменной Степи. Установлено, что наиболее рациональный способ основной обработки почвы, способный существенно приостановить сни-

жение запасов и обеспечить наибольшую продуктивность сельскохозяйственных культур – вспашка на глубину от 20-22 до 25-27 см в сочетании с удобрениями. Глубокая вспашка на 30-37 см, а так же безотвальные способы обработки приводят к уменьшению гумуса в почве и снижению продуктивности полевых культур. В связи с тем, что в научной литературе в настоящее время серьезно дискутируется вопрос о влиянии отвальных и безотвальных способов обработки почвы на её природное плодородие, важное народнохозяйственное значение имеет углубленное изучение роли различных способов обработки в изменении потенциального плодородия почвы и теоретическое обоснование основ обработки.

Сопоставление между собой материалов исследований по содержанию гумуса, полученных за весь период существования исследовательского учреждения в Каменной Степи, с определенной допустимостью свидетельствует о постепенном уменьшении гуммутированности почв. Чтобы предотвратить дальнейшее уменьшение количества гумуса в почве и наиболее оптимальными способами обеспечить его бездефицитный баланс необходимо комплексное изучение основных антропогенных факторов (удобрений, севооборотов и обработки) в многолетнем стационарном опыте.

Литература.

1. Адерхин П.Г. Влияние полезащитных лесных полос на почвы в Каменной Степи. Лесные полосы Каменной Степи. – Воронеж, 1967. – С. 260-284.
2. Бойко В.П., Горбуленко А.С. К вопросу о воздействии полезащитных лесных полос на почву // Почвоведение. – 1949. – № 6. – С. 313-324.
3. Витер А.Ф. Влияние обработки почвы и удобрений на количество гумуса и плодородие черноземов // Науч. тр. НИИСХ ЦЧП им. В.В.Докучаева. – Каменная Степь. – 1982. – С. 3-12.
4. Витер А.Ф., Новичихин А.М. Изменение плодородия обыкновенного чернозема ЦЧЗ под влиянием приемов основной обработки // Вест. с/х науки. – 1984. – № 1. – С. 77-84.
5. Годунов И.Б., Покудин Г.П. Влияние длительного применения удобрений на показатели потенциального плодородия обыкновенного чернозема // Науч. тр. НИИСХ ЦЧП им В.В.Докучаева, т 14, вып. 2. – Каменная степь, 1977. – С. 40-47.
6. Домрачева Е.А. Физико-механический и химический анализ почвы. М. – Л.: Гос. изд. колх. и совх. лит., 1935.
7. Дьячкова Т.И. Влияние эспарцета на состояние органического вещества, биологическую активность почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в севооборотах разной специализации: Дис. канд. с.-х. наук. – Каменная Степь, 2012. – 174 с.
8. Кононова М.М., Бельчикова Н.П. Процессы превращения органического вещества в обыкновенный чернозем при применении комплекса Докучаева-Косьянова-Вильямса. Вопросы травопольной системы земледелия Т.Д. Из-во АН СССР, 1953. – С. 303-361.
9. Сучалкина М.И. Изменения органического вещества обыкновенного чернозема при травопольной системе земледелия в Каменной Степи // Почвоведение. – 1950. – № 8. – С. 444-455.
10. Тумин Г.М. Влияние лесных полос на почву в Каменной Степи. – Воронеж, 1930. – С. 40.
11. Отчет № 46 Н. Сергиевская. Предварительный отчет о результатах почвенно-агрохимического исследования Каменной Степи сел. ст. 1934.
12. Отчет № 103 З. Филиппович отчеты отдела агротехники, 1937.
13. Отчет № 169 А.С. Горбуленко. Влияние ширины полос на состоянии мертвого покрова (подстилки) растительного травяного покрова и почвы, 1944, 9 с.

14. Отчет № 180 М.И. Сучалкиной почвенных процессов под воздействием культур, возделываемых в полевом травопольном семипольном севообороте, 1945, 7 с.

15. Отчет № 181 Г.Н. Котляров. Накопление перегноя, азота, и корневых остатков и создание структуры почвы под влияние травосмесей многолетних трав различных лет пользования, 1945, С. 4.

16. Отчет № 182. А.С. Горбуленко. Влияние ширины полос на состояние мертвого покрова (подстилки) растительного травянистого покрова и почвы, 1945.

17. Отчет № 1526. А.К.Свиридов. Изучение продуктивности севооборотов с различными с/х культурами и их на плодородие почвы, 1983. – С. 61.

18. Отчет № 1531 И.Б. Годунов. Выявление влияния различных систем удобрений и уровней удобренности в зернопропашном севообороте на продуктивность культур, качество продукции и потенциальное плодородие почвы, 1983. – С. 3-138.