

## ДИНАМИКА ПЛОТНОСТИ СЛОЖЕНИЯ И ОБЩЕЙ ПОРОЗНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СЕВЕРНОМ ЗАУРАЛЬЕ

**В.В. РЗАЕВА,**

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия,*

**Д.И. ЕРЕМИН,**

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры почвоведения и агрохимии, Тюменская ГСХА*

**Ключевые слова:** плотность почвы, отвальная обработка, безотвальное рыхление, дифференцированная обработка, общая порозность.

Значение физических свойств почвы для её плодородия не подвергается сомнению. В условиях интенсификации земледелия данное значение ещё более возрастает. Одна из причин этого – всё большее появление факторов ухудшения физических свойств почвы в результате применения многократных обработок, использования сельскохозяйственной техники повышенной массы, применения средств химизации. Вышеизложенное весьма актуально для чернозёмов, где уровень интенсификации земледелия очень высок.

Одним из основополагающих физических показателей является плотность сложения. Исследователями было установлено, что оптимальной плотностью для развития зерновых культур является 1,00-1,17 г/см<sup>3</sup> [1-3]. При поиске оптимальной плотности и порозности обычно уделяют внимание активно обрабатываемому слою; при этом не анализируют подпахотные слои, которые, как показали исследования, изменяются не меньше пахотного горизонта.

### Условия проведения исследований

Почва, где расположены стационары – чернозём сильновыщелоченный среднегумусный маломощный тяжело-суглинистый пылевато-иловатый на карбонатном покровном суглинке. Стационар кафедры земледелия был зало-

жен в 1975 году. В опыте изучались следующие системы обработки почвы: отвальная, безотвальная, дифференцированная и нулевая. Севооборот с 1975 по 1989 год – зернопаропропашной (однолетние травы, пшеница, ячмень, кукуруза, пшеница, ячмень). С 1989 года по настоящее время – зернопаровой (однолетние травы, пшеница, пшеница). Обработка проводилась под предшественники первой группы на глубину 28-30 см, под зерновые – 20-22 см.

Стационар кафедры почвоведения и агрохимии был заложен в 1995 году; включает в себя контроль (без удобрений) и внесение удобрений на 3,0; 4,0; 5,0 и 6,0 т/га зерна яровой пшеницы и овса. Нормы удобрений рассчитывались ежегодно балансовым методом и вносились в весенний период под предпосевную культивацию. Севооборот и система основной обработки почвы аналогична стационару кафедры земледелия.

Плотность сложения определялась методом Качинского в 6-кратной повторности. Общая порозность рассчитывалась по общепринятой формуле [4]. Дисперсионный анализ проводился по методике Б.А. Доспехова [5].

### Результаты исследований

Длительные опыты с основными системами обработки почвы на кафедре



625003, г. Тюмень,  
ул. Республики, 7;  
тел. 8-9088659946;  
e-mail: soil-tumen@yandex.ru

ре земледелия позволили выявить влияние каждой из систем на агрофизические свойства старопахотного чернозёма. В год закладки плотность сложения в слое 0-30 см варьировалась от 1,08 до 1,16 г/см<sup>3</sup> и была в пределах оптимального диапазона (табл. 1).

За период с 1975 по 2008 год плотность сложения в слое 0-30 см на варианте с отвальной обработкой не изменилась – 1,10-1,20 г/см<sup>3</sup> ( $HCP_{05} = 0,05-0,06$ ). Тот же эффект проявился при дифференцированной обработке, где плотность также была оптимальной для развития зерновых культур. Однако на этих вариантах начался процесс переуплотнения подпахотного горизонта. На отвальной и дифференцированной обработках плотность сложения слоя 30-40 см достигла 1,31 и 1,40 г/см<sup>3</sup>, что на 11,0 и 18,6% выше значений 1975 года. Причём необходимо отметить, что плотность при дифференцированной обработке выше на 0,09 г/см<sup>3</sup> ( $HCP_{05} = 0,06$ ) варианта с отвальной обработкой. Это указывает на негативный эффект глубокого рыхления, входящего в состав дифференцированной системы основной обработки почвы, что подтверждается и наличием переуплотнённого слоя на варианте, где существует безотвальная обработка – плотность почвы за годы опыта увеличилась на 0,27 г/см<sup>3</sup>, что на 22,7% больше плотности 1975 года. Безотвальное рыхление способствовало уплотнению активного слоя (0-20 см) – 1,17-1,20 г/см<sup>3</sup>; при этом подпахотная подошва сформировалась на глубине 20-30 см – 1,35 г/см<sup>3</sup>, что на 16% больше плотности 1975 года и на 13% – варианта с отвальной обработкой.

Отсутствие глубоких обработок, казалось бы, должно способствовать сохранению плотности сложения на одном уровне. Однако, как показали данные, полученные на варианте с нулевой об-

Таблица 1  
Плотность сложения при различных системах обработки чернозёма  
выщелоченного, г/см<sup>3</sup>

Слой почвы, см	Перед закладкой опыта, 1975 г.*	Система обработки (2008 г.)				Залежь, 2008 г.	$HCP_{05}$
		отвальная	безотвальная	дифференцированная	нулевая		
0-10	1,08	1,10	1,15	1,07	1,17	0,85	0,06
10-20	1,12	1,16	1,20	1,13	1,22	1,11	0,06
20-30	1,16	1,20	1,29	1,25	1,32	1,18	0,05
30-40	1,18	1,31	1,45	1,40	1,28	1,20	0,06
40-50	1,23	1,35	1,38	1,38	1,36	1,28	0,04
50-60	1,34	1,40	1,43	1,45	1,40	1,30	0,04
60-70	1,35	1,50	1,52	1,45	1,40	1,32	0,05
70-80	1,34	1,42	1,44	1,40	1,40	1,30	0,04
80-90	1,40	1,40	1,45	1,41	1,40	1,43	0,05
90-100	1,44	1,50	1,48	1,48	1,50	1,40	0,06

\* Данные Н.В. Абрамова, 1992 [3].

**Density of soil, plowing,  
boardless plowing,  
differentiated plowing,  
the general porosity.**

работкой, в слое 0-10 см плотность увеличилась на 9% относительно 1975 года и достигла 1,17 г/см<sup>3</sup>. Также произошло уплотнение в слое 10-30 см и достигло 1,22-1,32 г/см<sup>3</sup>. Так как глубокая обработка на этом варианте отсутствует, то причина уплотнения кроется не в процессах деформации почвенных агрегатов, а в снижении содержания гумуса вследствие резкого уменьшения поступления органических остатков и перераспределения их по пахотному горизонту. Также негативно влияет ухудшение влагообеспеченности при нулевой обработке, что препятствует процессам естественного разуплотнения обрабатываемого слоя почвы [5].

Для выявления влияния длительной распашки на процесс уплотнения необходимо провести анализ коэффициента интенсивности уплотнения, который показывает, во сколько раз уплотнилась почва с момента посева зерновых до кущения. Исследования 1975 года показали, что данный коэффициент находился в диапазоне 1,01-1,02, что указывает на отсутствие уплотнения пахотного горизонта в начальный период роста зерновых культур, когда корневая система недостаточно прочная и может быть подвержена разрыву под действием быстрого уплотнения. Коэффициент интенсивности уплотнения в 1977 году был оптимальным для пахотных почв тяжёлого гранулометрического состава [3].

За период с 1975 по 1989 год коэффициент интенсивности уплотнения на варианте с отвальной обработкой увеличился до 1,09, что на 0,08 выше первоначальных значений (рис. 1). На остальных обработках также отмечается

увеличение данного показателя, но не так существенно. Наиболее интересен вариант с безотвальной обработкой, где коэффициент составил 1,03 и является минимальным среди изучаемых систем обработки, что объясняется особенностю технологического процесса, при котором происходит подъём почвенной массы без существенного крошения и измельчения.

К 2008 году скорость уплотнения в начале вегетации на варианте с отвальной обработкой снизилась незначительно и достигла 1,07 ед. Незначительное отклонение указывает на стабилизацию процессов уплотнения – разрыхления в пахотном горизонте. Также стабилизация отмечается на варианте с нулевой обработкой, где коэффициент интенсивности уплотнения за период 1989-2008 годов не изменился.

Однако варианты с безотвальной и дифференцированной обработкой характеризуются увеличением коэффициента в течение анализируемого периода до 1,07-1,08 ед.

Таким образом, отвальная и дифференцированная обработка способствуют поддержанию плотности сложения пахотного горизонта на уровне 1975 года и залежного участка, но формируют переуплотнённый слой на глубине 30-40 см, а безотвальная и нулевая обработка ускоряют процесс уплотнения до глубины 40-50 см.

Ежегодная отвальная обработка поддерживает скорость уплотнения пахотного горизонта на достаточно высоком уровне. Введение нулевой обработки в первые годы повышает коэффициент интенсивности уплотнения с 1,00 до 1,06 и поддерживает его в течение дли-

тельного периода на одном уровне.

До настоящего времени существует традиционное мнение, что на плотность сложения влияет механическая обработка почвы, а средства химизации, в частности, минеральные удобрения, не оказывают существенного влияния, что неоднократно доказывалось исследователями. Однако необходимо отметить, что зачастую опыты проводятся с малыми дозами (30-90 кг д.в./га) и являются краткосрочными.

На стационаре кафедры почвоведения и агрохимии проводятся опыты по получению урожайности зерновых культур до 6,0 т/га за счёт минеральных удобрений. Система обработки за годы исследований не менялась, что даёт возможность выявить роль средств химизации на процессы уплотнения пахотного горизонта. Детальный анализ по слоям мы не проводим, так как он идентичен варианту с отвальной обработкой на кафедре земледелия. В 1995 году плотность сложения в слое 0-30 см на всех вариантах составила 1,18-1,22 г/см<sup>3</sup> (табл. 2); отклонения были в пределах ошибки опыта ( $HCP_{05}=0,04$ ), что объясняется единой системой обработки до закладки стационара. Через 5 лет на варианте, где вносились удобрения из расчета 6,0 т/га зерна, плотность сложения увеличилась на 4% относительно 1995 года, а по отношению к контролю увеличение составило 14%. Причём такое же уплотнение было на вариантах с внесением удобрений на 4,0 и 5,0 т/га. Таким образом, влияния минеральных удобрений в умеренных дозах не обнаружено, однако при максимальной насыщенности севооборота удобрениями возможен процесс уплотнения за счёт изменения физико-химических свойств пахотного горизонта.

В последующие 10 лет существенного влияния удобрений на процесс уплотнения не происходило. Плотность на варианте с максимальной насыщенностью составила 1,25 г/см<sup>3</sup> (5,2%). Однако сравнение с контролем показало, что длительное внесение минеральных удобрений на урожайность свыше 4,0 т/га приводит к увеличению плотности сложения пахотного горизонта на 0,07 г/см<sup>3</sup>, или на 7% от исходной плотности за 15 лет.

Рассчитанный коэффициент интенсивности уплотнения показал влияние высоких норм минеральных удобрений. На контроле и при внесении удобрений на запланированную урожайность 3,0 т/га данный коэффициент составил 1,05-1,06 ед. (рис. 2). При внесении NPK на 4,0 т/га коэффициент достиг минимальных значений – 1,04; что на 0,02 меньше контроля. Это связано с большей скоростью нарастания корневой системы при таком уровне питания, препятствующей процессам уплотнения. Полная норма удобрений на 5,0 и 6,0 т/га усилила процесс уплотнения с момента посева до кущения – коэффициент составил 1,08-1,09 ед. Данный

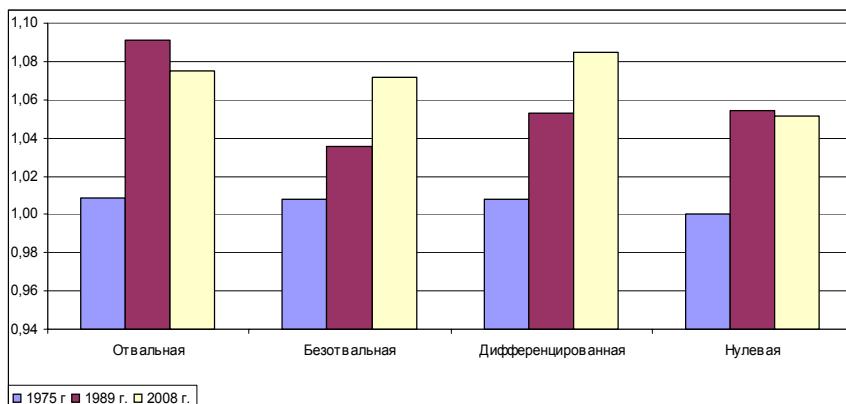


Рисунок 1. Коэффициент интенсивности уплотнения пахотного горизонта (0-30 см) чернозёма выщелоченного при различных системах основной обработки

Таблица 2

Плотность сложения пахотного горизонта (0-30 см) чернозёма выщелоченного при длительном использовании минеральных удобрений, г/см<sup>3</sup>

Годы (фактор А)	Планируемая урожайность (фактор В)				
	контроль	NPK на 3,0 т/га	NPK на 4,0 т/га	NPK на 5,0 т/га	NPK на 6,0 т/га
1995	1,19	1,18	1,19	1,22	1,19
2000	1,08	1,14	1,24	1,24	1,24
2006	1,17	1,18	1,20	1,24	1,24
2009	1,18	1,20	1,20	1,23	1,25

$HCP_{05}$  (фактор А=0,03; В=0,04; AB=0,02).

## Агрономия

факт связан с диспергирующим действием удобрений на структурно-агрегатный состав почвы в локальной зоне их размещения, что приводит к более быстрому уплотнению в период дождей. Необходимо отметить, что в слоях 20-40 см, а также в более поздний период (цветение - начало созревания) негативный процесс разрушения водопрочной структуры не проявляется.

Изменение плотности сложения оказывает влияние и на другие агрофизические показатели, одним из которых является общая порозность, или скважность, определяемая по данным плотности сложения и твёрдой фазы почвы и приведённая в процентах от объёма почвы.

В 1977 году общая порозность пахотного горизонта (0-30 см) чернозёма выщелоченного на опыте с изучением основных систем обработки – 54-56% от объёма почвы, что по классификации Н.А. Качинского (1985) характеризуется отличной оценкой для пахотного горизонта. За 31 год применения отвальной и дифференцированной обработок почвы общая порозность в слое 0-30 см не изменилась – отклонения были в пределах ошибки опыта, за исключением слоя 0-10 см на варианте с дифференцированной обработкой почвы, где этот показатель достиг 60% от объёма почвы. Длительное использование безотвальной и нулевой обработок привело к дифференциации пахотного слоя по объёму почвенных пор. Слой 0-20 см характеризовался удовлетворительной порозностью – 50-52% от объёма почвы, тогда как в слое 20-30 см – 47%, что соответствует неудовлетворительной порозности для пахотного горизонта. Необходимо отметить, что при отвальной и дифференцированной обработках снижения порозности в слое 20-30 см не обнаружено – 53-55% от объёма почвы, что соответствовало значениям залежного участка.

Влияние основных обработок заметно не только в активном (обрабатываемом) слое, но и в более глубоких горизонтах. Пониженная порозность отмечается в слое 40-50 см на вариантах с безотвальной и дифференцированной обработкой почвы, что обусловлено технологической особенностью безотвального рыхления, элементы которого присутствуют и в системе дифференцированной основной обработки почвы. Необходимо обратить внимание на негативное влияние глубоких обработок на общую порозность в слое 60-70 см – 40-43% от объёма, тогда как на залеже порозность была на 9-10% больше. Отклонения в более глубоких слоях были в пределах ошибки.

Влияние минеральных удобрений на общую порозность не такое существенное, как механическая обработка почвы. Внесение удобрений на урожайность до 5,0 т/га зерновых культур не повлияло на данный показатель пахотного горизонта (0-30 см) – отклоне-

ния были в пределах ошибки опыта. На варианте с максимальной насыщенностью минеральными удобрениями общая порозность за 14 лет снизилась с 52 до 49%, что соответствует неудовлетворительной оценке.

## Выходы

· Отвальная и дифференцированная системы обработки почвы поддерживают плотность сложения активного слоя (0-20 см) на одном уровне – 1,10-1,16 г/см<sup>3</sup>; безотвальное рыхление и нулевая обработка способствуют увеличению плотности до 1,15-1,22 г/см<sup>3</sup>.

· Длительное проведение глубоких обработок привело к переуплотнению подпахотного горизонта (30-40 см) до 1,31-1,45 г/см<sup>3</sup>. Ежегодное безотвальное рыхление усиливает процесс переуплотнения. При нулевой обработке пере-

уплотнённый слой не формируется.

· За период 1977-2008 годов произошло уплотнение в слое 60-70 см до 1,45-1,52 г/см<sup>3</sup> по всем системам обработки (за исключением нулевой, где плотность сложения составила 1,40 г/см<sup>3</sup>).

· Максимальная скорость уплотнения с момента посева до кущения зерновых культур отмечается на вариантах с отвальной и дифференцированной обработкой почвы – коэффициент интенсивности уплотнения достигает 1,07-1,09 ед. При нулевой обработке он остаётся на одном уровне – 1,05.

· Длительное внесение удобрений на планируемую урожайность выше 4,0 т/га усиливает процесс уплотнения пахотного горизонта с 1,18 до 1,23-1,25 г/см<sup>3</sup>, а также увеличивает его скорость – коэффициент интенсивности уплотнения

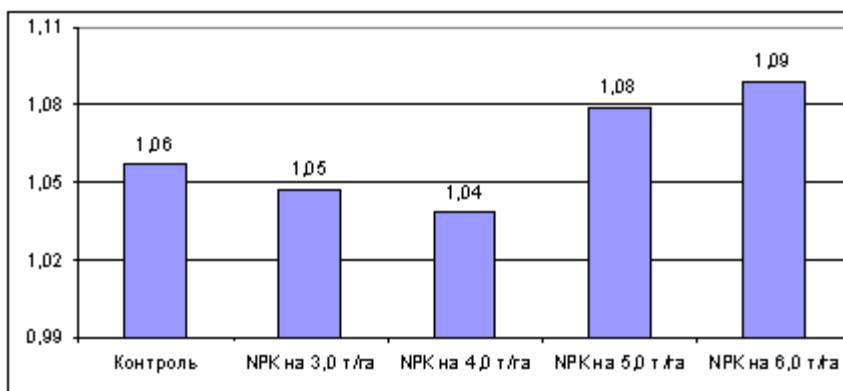


Рисунок 2. Коэффициент интенсивности уплотнения пахотного горизонта чернозёма выщелоченного при различном уровне минерального питания зерновых культур, 1995-2008 гг.

Таблица 3

Общая порозность чернозёма выщелоченного при различных системах обработки

Слой почвы, см	1975 г.	Система обработки (2008 г.)				Залежь, 2008 г.	НСР <sub>05</sub>
		отваль- ная	безотваль- ная	дифферен- цированная	нулевая		
0-10	56	56	52	60	51	65	2,7
10-20	55	54	52	54	50	56	2,6
20-30	54	53	47	55	47	54	2,7
30-40	56	50	46	47	52	54	3,1
40-50	53	49	47	47	49	53	4,3
50-60	49	47	46	44	47	52	3,2
60-70	48	42	40	43	46	52	2,8
70-80	48	46	44	46	46	52	3,0
80-90	48	48	46	47	47	48	3,0
90-100	44	42	42	42	41	48	3,5

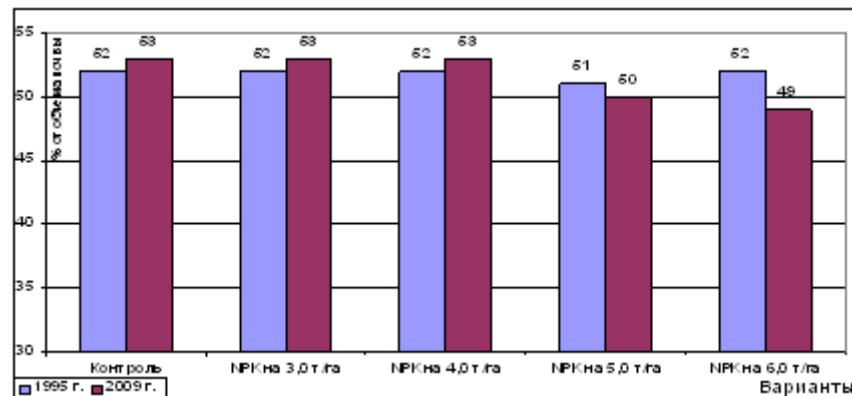


Рисунок 3. Общая порозность чернозёма выщелоченного (0-30 см) при длительном использовании минеральных удобрений, % от объёма почвы

**Агрономия**

достигает 1,08-1,09 ед.

· Отвальная и дифференцированная обработки почвы за 33 года не повлияли на общую порозность пахотного горизон-

та, которая оценивалась как отличная. Безотвальное рыхление и нулевая обработка негативно влияют порозность, которая снизилась до 47-52% от объёма

почвы. Длительное применение высоких норм минеральных удобрений за 14 лет снизило общую порозность с 42 до 49% от объёма почвы.

**Литература**

1. Ситников А. М. Структура и плотность почвы и их роль в плодородии : лекция. Омск, 1980. 20 с.
2. Трушин В. Ф. Интенсивное земледелие Среднего Урала. Свердловск, 1990. Ч. 1-2.
3. Абрамов Н. В. Совершенствование основных элементов систем земледелия в лесостепи Западной Сибири : дис. ... докт. с.-х. наук. Омск, 1992. 313 с.
4. Шейн Е. В., Карпачевский Л. О. Толковый словарь по физике почв. М. : ГЕОС, 2003. 126 с.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Изд. 5-е, перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Шахова О. А. Влияние технологий обработки выщелоченного чернозёма и средств химизации на элементы плодородия и продуктивность культур в северной лесостепи Тюменской области : дис. ... канд. с.-х. наук, Тюмень, 2007. 175 с.