

## МЕХАНИЗАЦИЯ

УДК 631.431.73

### УПЛОТНЕНИЕ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКОЙ

**Н.Н. Погодин**, кандидат технических наук,  
**В.В. Кучко**, директор филиала «Витебская опытная мелиоративная станция»  
**Ф.А. Барсукевич, С.В. Шатило**, научные сотрудники  
РУП «Институт мелиорации»

**Ключевые слова:** избыточное уплотнение почв, разуплотнение почв, физико-механические свойства почвы, урожайность

#### **Введение**

Избыточное уплотнение почвы – важный фактор, ограничивающий рост урожайности сельскохозяйственных культур. Многооперационность современных технологий выращивания сельхозкультур, мелкоконтурность полей, не позволяющая использовать широкозахватную технику, вынужденная необходимость проведения работ в весенний период при повышенной влажности почвы, приверженность к плужной обработке – все это усиливает отрицательное воздействие ходовых систем машинно-тракторных агрегатов (МТА) на почву. В наибольшей степени уплотнение происходит от воздействия тракторов, зерновых комбайнов, навозоразбрасывателей. Тракторы тяговых классов 1,4-2,0 превышают допустимое давление на почву примерно в 1,5-2,0 раза, тягового класса 3 – в 2,5, а класса 5 (К-701) – в 3,5 раза. Помимо ходовых систем МТА отрицательное воздействие на почву оказывают и побочные процессы некоторых рабочих органов машин. При вспашке почвы традиционными плугами на одну и ту же глубину образуется так называемая «плужная подошва», плотность которой достигает критических значений. Толщина уплотненного слоя ниже дна борозды составляет 12-17 см.

При возделывании зерновых культур отдельные участки поля подвергаются многократному воздействию сельскохозяйственной техники (ранневесенняя культивация, внесение удобрений, заделка их, боронование, выравнивание, прикатывание, посев, химобработка и уборка урожая). За сельскохозяйственный сезон двукратному уплотнению подвергается свыше 30% площади, четырехкратному – 20, не переуплотняется всего около 10% площади поля. В наибольшей степени страдают поворотные полосы, площадь которых составляет от 18 до 20%.

Плотная прослойка во влажные периоды препятствует проникновению влаги в нижележащие горизонты и дрены, что приводит к застою воды на поверхности почвы, в результате затрудняется соблюдение оптимальных агротехнических сроков посева и уборки. В сухие периоды влага с нижних влажных горизонтов также не может подняться по почвен-

ным капиллярам к корнеобитаемому слою. На переуплотненной почве ухудшаются агрофизические свойства, угнетаются рост и развитие сельскохозяйственных растений, снижается процент их выживаемости, медленнее происходит накопление органической массы.

При суммарном многократном воздействии ходовых систем МТА происходит накопление деформаций уплотнения в подпахотном слое. При этом избыточное переуплотнение сохраняется в течение ряда лет, несмотря на изменение влажности процессов, замерзания и оттаивания. Как отмечал Gill [1], в США почвы после 40 лет воздействия сельскохозяйственной техники стали на 20% плотнее по сравнению с первоначальным состоянием. Ущерб, который наносился в результате уплотнения почвы сельскому хозяйству США, оценивался в 1,18 млрд. долл.

Определение плотности дерново-подзолистой суглинистой почвы непосредственно

**Таблица 1. Плотность суглинистой почвы ( $г/см^3$ ) на глубине 0,2-0,3 м в зависимости от количества проходов трактора К-701 и влажности почвы**

Количество проходов	Абсолютная влажность, %	
	16,3	19,1
Контроль	1,43	1,50
2	1,46	1,54
4	1,48	1,57
8	1,52	1,61

после уплотнения ходовыми системами трактора К-701 показало, что существенное значение имеют кратность прохода и влажность почвы (табл. 1). Как видно из табл. 1, с повышением влажности коэффициент относительного уплотнения почвы, т.е. отношение величины плотности после деформации к ее исходному значению, увеличивается. При влажности 16,3% коэффициент уплотнения

после 2, 4 и 8 проходов составил соответственно 1,02, 1,034 и 1,062, а при влажности 19,1% – 1,026, 1,046 и 1,073. Уплотнение почвы в зависимости от количества проходов трактора при влажности 16,3% составило 2,1-6,3%, а при влажности 19,1% – 2,7-7,3%.

На уплотнение почвы влияет и состояние ее поверхности. Уже после двукратного прохода трактора К-701 плотность супесчаной и суглинистой почвы на одернованных участках в слое 10-30 см возрастает, по нашим многочисленным экспериментальным данным, на 1,5-2,5%, а на старопашотных участках – на 2,5-5%.

При нарастании числа проходов плотность почвы продолжает увеличиваться в основном до 8 проходов, затем четкой связи не прослеживается. Закономерность изменения плотности супесчаной и суглинистой почвы при возрастании числа проходов колесных тракторов в слое 10-50 см выражается следующими зависимостями:

$$\text{на одернованных участках } \rho = \rho_0 + 0,15 n^{0,1}$$

$$\text{на старопашотных участках } \rho = \rho_0 + 0,17 n^{0,1}$$

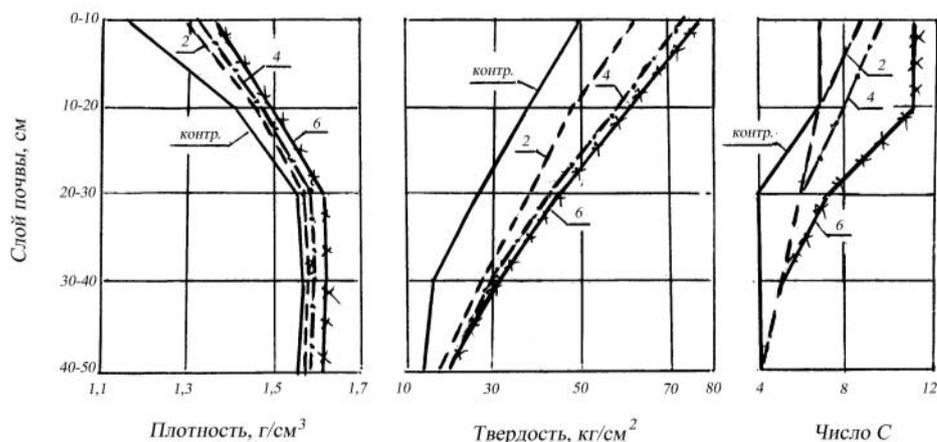
$$\text{для гусеничных тракторов } \rho = \rho_0 + 0,1 n^{0,1},$$

где  $\rho_0$  – исходное значение плотности почвы,  $г/см^3$ ;  $n$  – число проходов тракторов.

Зависимости применены при числе проходов тракторов по одному следу до 8.

Исследованиями установлено, что увеличение плотности на  $0,1 г/см^3$  ведет к снижению урожая зерновых в среднем на 6 ц/га, а картофеля – 15-25 ц/га [2].

Исследования, проведенные в Шарковщинском районе (мелиоративный объект СПК «Юдицино») на суглинистых почвах, подстилаемых с глубины 0,4 м легкими глинами при абсолютной влажности 15-20%, показали, что с увеличением плотности почвы увеличивается ее твердость и категория (см. рисунок).



**Изменение физико-механических свойств почвы по глубине под воздействием движителей трактора К-701.**

**2, 4, 6 – число проходов трактора по одному следу**

Твердость почвы характеризует ее удельное сопротивление разработке сельскохозяйственной техникой. Твердость почвы, в свою очередь, определяет такие важные практические показатели, как условия развития корневой системы растений и сопротивление почвы обработке. По многочисленным данным, твердость почвы под следами тракторов возрастает в пахотном слое в 2-10 раз. Достоверное повышение твердости почвы при многократном воздействии на нее техники прослеживается на глубину до 50-60 см. Наибольшие различия наблюдаются в верхнем 40-сантиметровом слое, с глубиной различия в твердости между почвой по следу и вне следа сглаживаются.

Возрастание плотности и твердости почвы приводит к значительному ухудшению ее технологических характеристик и росту сопротивления обработке. В исследованиях ВНИИ механизации сельского хозяйства показано, что по следам колесного трактора К-701 степень крошения пласта физически спелого чернозема при его вспашке была в 1,5 раза ниже, чем вне следов. Сопротивление вспашке почвы по следам гусеничных тракторов возрастает на 16-25%, по следам колесных тракторов, автомобилей и комбайнов – на 44-65% и по следам транспортных агрегатов – на 72-90% [2].

Ухудшение агрофизических свойств почв, их водного, воздушного и пищевого режимов в результате уплотняющего воздействия сельскохозяйственной техники ведет к снижению всхожести культурных растений, повышению засоренности и, в конечном итоге, к снижению урожая.

В опытах Почвенного института им. В.В. Докучаева на пойменной почве показано, что резкое ухудшение физических свойств привело к снижению урожая зеленой массы кукурузы на 40-60%. При однократном сплошном покрытии влажной дерново-подзолистой почвы следами тракторов Т-150К и К-700 урожай ярового ячменя снизился на 23,7% (при 38 ц/га на контроле). На 37% снизился урожай ячменя при трехкратном сплошном покрытии почвы следами трактора К-700. Последствие такого уплотнения на снижение урожая наблюдалось в течение двух лет [2]. Уплотнение почвы приводит также к изменению ее категории. Как видно из рисунка, почва из второй категории (число С – 5-8) при четырех и шести проходах трактора К-701 на глубине до 0,25 м переходит в третью (число С – 9-16), т.е. на обработку почвы необходимо затратить дополнительное количество топлива.

Нашими исследованиями установлено, что уплотнение почвы возрастает с увеличением кратности проходов техники и в основном распространяется в суглинистой почве на глубину до 0,6 м, а в супесчаной – до 0,5 м при максимальных значениях на глубине 0,3-0,4 м.

Особое значение имеет количественная оценка действия излишнего уплотнения, а также разуплотнения почвы на эффективное плодородие почвы. С этой целью на Витебском экспериментальном хозяйстве на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,3 м легким суглинком, изучалось действие различного числа проходов трактора Т-150К на ее уплотнение и плодородие. Исследовалось также влияние разуплотнения на изменение урожайности сельскохозяйственных культур.

#### **Методика эксперимента**

В начале мая были заложены три опытных участка под картофель, свеклу и кукурузу площадью по 0,24 га. На каждом участке выделялось по три делянки размером 10х60 м, которые укатывались за 2, 4 и 6 проходов трактора Т-150К. Затем половина их площади рыхлилась на глубину 0,4 м экспериментальным образцом рыхлителя чизельного РЧ-3,0. Рядом расположенные контрольные участки размером 10-30 м также рыхлились на всех вариантах опыта. Затем проводился посев картофеля, свеклы и кукурузы по обычно принятой технологии.

Абсолютная влажность почвы в слое до 0,5 м на участке с картофелем составляла 13,2-18,9%, свеклой – 11,6-23,7 и кукурузой – 13,3-18,9%. Плотность почвы по вариантам опыта приведена в табл. 2.

**Таблица 2. Плотность почвы (г/см<sup>3</sup>) на контрольных участках по вариантам опыта**

Слой почвы, см	Картофель		Свекла		Кукуруза	
	контроль	рыхление	контроль	рыхление	контроль	рыхление
10	1,26	1,12	1,28	1,13	1,34	1,16
20	1,49	1,40	1,44	1,25	1,55	1,39
30	1,56	1,41	1,58	1,38	1,54	1,41
40	1,68	1,57	1,60	1,46	1,69	1,55
50	1,68	1,62	1,64	1,68	1,73	1,70

Таблица 3. Урожай сельскохозяйственных культур на опытных участках

Вариант опыта	Картофель			Свекла		Кукуруза		
	урожай, ц/га	изменение урожая, ц/га	товарность, %	урожай, ц/га	изменение урожая, ц/га	урожай, ц/га	изменение урожая, ц/га	
Контроль	180,2	-	32,2	225,0	-	160,0	-	
Рыхление	221,0	+22,6	41,1	294,0	+26,2	210,0	+31,2	
Уплотнение, количество следов	2	170,3	-5,4	31,5	218,0	-3,7	151,0	-5,6
	4	155,2	-13,9	32,5	207,2	-8,0	132,0	-17,5
	6	120,7	-33,0	31,1	152,5	-32,2	110,0	-31,2
Рыхление по следам уплотнения	2	220,3	+22,2	32,1	283,2	+25,9	205,0	+28,1
	4	220,0	+22,0	39,2	274,0	+21,8	211,0	+31,9
	6	211,6	+17,4	40,7	250,2	+11,2	200,0	+25,0

Измерение плотности, твердости и влажности почвы производили сразу после уплотнения и рыхления, а также осенью перед уборкой урожая. Установлено, что разрыхленное состояние грунта наблюдалось довольно стабильно в подпахотных слоях почвы на протяжении всего летнего периода. В пахотном слое в результате обработки почвы имели место отдельные отклонения. Урожай на опытных участках учитывали с трехкратной повторностью на площади по 6 м<sup>2</sup> (табл. 3). Товарность картофеля определяли как процентное отношение массы товарных клубней (более 50 г) к общей массе клубней. Наиболее заметно влияние уплотнения почвы на урожайность сельскохозяйственных культур после 6 проходов трактора Т-150К. Как видно из табл. 3, урожай всех исследуемых сельскохозяйственных культур снизился более чем на 30%. На всех разрыхленных участках урожай картофеля, свеклы и кукурузы по сравнению с контролем повысился от 22 до 31%. Наблюдалось также повышение урожайности на участках уплотненных, а затем разрыхленных, но в меньшей степени.

Таким образом, переуплотнение почв движителями тракторов и сельскохозяйственных машин нарушает условия роста и снижает урожайность сельскохозяйственных культур. Эффективным способом сохранения плодородия почвы является ее периодическое рыхление.

#### Литература

1. Gill, W.R. Compaction of agricultural soils. / W.R. Gill. ASAE. – 1971.
2. Переуплотнение пахотных почв: причины, следствия, пути уменьшения. – М.: Наука, 1987. – С. 206-208.

#### Summary

##### *Pogodin N., Kuchko V., Barsukevich F., Shatilo S. Consolidation of Soil under Influence of Agricultural Equipment*

Investigation of effect of machine and tractor aggregates running systems to mineral soils in typical for the Republic of Belarus conditions made it possible to establish the regularities of change in density of sabulous and loamy soil on sod and broken areas depending on the number of runs of wheeled and crawler tractors. Obtained: experimental data about the influence of consolidation and thinning of soil to crop-producing power of potatoes, beet and maize.

Поступила 19 сентября 2007 г.