

IDT): ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–6:2005. – [Чинний з 2006–07–01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 54 с. – (Національний стандарт України).

11. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини: ДСТУ 4289:2004. – [Чинний з 2005–07–01]. – К.: Держспоживстандарт, 2005. – III, 9 с. – (Національний стандарт України).

## **ASSESSMENT OF ACCURACY THE METHODS OF DETERMINING THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF SOIL**

**A.V. Shovkovskaya**

### **Summary**

Approaches to assessment the accuracy of methods for determining the composition and properties of soil are studied installed in the national and harmonized standards of Ukraine. Established the absence of a unified approach to the process of assessment and ways expression of accuracy of methods for determining the composition and properties of the soil in the national standards of Ukraine, in contrast to the harmonization standards, where the approach is used regulated by the complex of standards ISO 5725. The results of assessment the accuracy (precision and accuracy) the method for determining the organic matter (according to DTR 4289) according to the requirements of DTR GOST ISO 5725 are presented. The advantage of using the methods for estimating the accuracy of determining the composition and properties of soil regulated approach international standards DTR GOST ISO 5725 is substantiated.

*Поступила 23.02.2016*

УДК 631.434.1

## **ОЦЕНКА АГРОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПОСЛЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПО ЕЕ ТВЕРДОСТИ**

**А.Л. Бородин\***

*Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского,  
г. Харьков Украина*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Твердость почвы является информативным показателем, характеризующим ее физико-механические свойства, а именно сопротивление росту корней и почвообрабатывающим орудиям в процессе их обработки [1]. Перспективным является использование показателя твердости для оценки агрофизического состояния

---

\* Работа выполнена под руководством академика НААН, доктора биол. наук, профессора В.В. Медведева.

почвы перед посевом и качества предпосевной обработки. Показатель твердости широко используют при изучении изменения свойств почв при внедрении нулевой обработки [2], в исследованиях переуплотнения почв под влиянием тяжелой сельскохозяйственной техники [3].

В настоящее время проводятся исследования, направленные на уточнение известных агрофизических параметров посевного слоя почвы [4].

Цель работы – определить твердость посевного слоя почвы в течение вегетационного периода культур после традиционной обработки и после обработки экспериментальным предпосевным орудием в производственных условиях и в модельном опыте с оптимальными агрофизическими параметрами в семенном, надсеменном и подсеменном слоях для посева кукурузы, ячменя и подсолнечника, а также оценить агрофизическое состояние почвы по этому показателю и проследить связь между параметрами ее твердости и плотности.

## **МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Объекты исследований – темно-серая оподзоленная тяжелосуглинистая почва (пос. Коммунар, Харьковский район) и чернозем типичный тяжелосуглинистый (пос. Опытный, Чугуевский район). Оба объекта расположены в Харьковской области.

Предпосевную обработку темно-серой оподзоленной почвы выполнили традиционным способом (культиватором КТС–6 на глубину 6–8 см после осенней вспашки на глубину 22–25 см). Результаты сравнили с данными, полученными в микрополевом модельном опыте, где были искусственно сформированы семенной, надсеменной и подсеменной слои почвы с оптимальными агрофизическими параметрами. В 2013 г. выращивали ячмень сорта Парнас и кукурузу сорта Элегия, в 2014 г. – подсолнечник сорта НК Неома, в 2015 г. – ячмень Парнас.

Исследования на черноземе типичном тяжелосуглинистом проводили в 2014 году. Предпосевную подготовку почвы под ячмень выполнили двумя способами: традиционным, (культиватором КТС–6 на глубину 6–8 см после осенней вспашки на глубину 22–25 см) и экспериментальным предпосевным орудием. Оно представляет собой почвообрабатывающий агрегат, который содержит раму, по меньшей мере, один культиватор-плоскорез, выполненный в виде лемеха с сепарирующей решеткой, стояк, роторный рабочий орган с ножами, ось вращения которого расположена над сепарирующей решеткой. Ось вращения рабочего органа установлена с возможностью перемещения как в вертикальном, так и горизонтальном направлениях относительно сепарирующей решетки [5]. Таким образом, с помощью специального роторного устройства осуществляется накопление структуры нужного размера, почва разрыхляется, сепарируется и проталкивается через отверстия решетки и помещается на семена. Регулировать структурный состав в семенном слое можно не только с помощью сепарирования, но и изменением скорости вращения ротора: чем больше скорость вращения, тем интенсивнее почва подвергается измельчению. Этот способ дает возможность добиться такого размера структуры, который будет отвечать размерам семян. Тем самым предполагается обеспечить умеренно плотный контакт почвы и семян, гарантировать их быстрое и дружное прорастание [6].

Модели посевного слоя почвы с оптимальными для выращивания кукурузы параметрами структурного состава были созданы вручную на экспериментальных микрополевых участках в опыте С.И. Крылач. Весь надсеменной слой почвы был снят и просеян через сита с разными диаметрами отверстий. Подсеменной слой уплотнили деревянным пестиком до плотности почвы в пределах от 1,00 до 1,27 г/см<sup>3</sup>. На этот слой высевали семена кукурузы и прикрывали сверху прослойкой просеянной почвы. Предпочтительный размер агрегатов в надсеменной части почвы колебался в пределах от 1 до 10 мм. Таким образом, были созданы оптимальные физические параметры для развития семян кукурузы [7].

Твердость измеряли твердомером конструкции Ревякина в начале, в середине и в конце вегетации культур на участке поля 25 × 25 м, на котором выбрали три участка 8 × 8 м, на каждой из которых, в свою очередь, по краям и в середине выбрали 5 участков 1 × 1 м. Твердость определяли в 10-кратной повторности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Обработка данных методом вариационной статистики показала, что твердость темно-серой оподзоленной почвы в 2013 г. непосредственно после посева ячменя и кукурузы с доверительной вероятностью 95% была выше, чем в модельном опыте. При этом лучшие физические условия в почве, характеризующиеся параметрами твердости не более 10–15 кгс/см<sup>2</sup> [1], наблюдались в условиях модельного опыта в слое 0–15 см, а в производственных посевах под кукурузой и ячменем – в слое 0–9 см (рис. 1).

На второй год эксперимента, наоборот, существенных различий в твердости почвы непосредственно после посева культуры в модельном опыте и в производственных посевах не наблюдалось (рис. 2). Оптимальные параметры твердости наблюдались во всех случаях в слое 0–12 см.

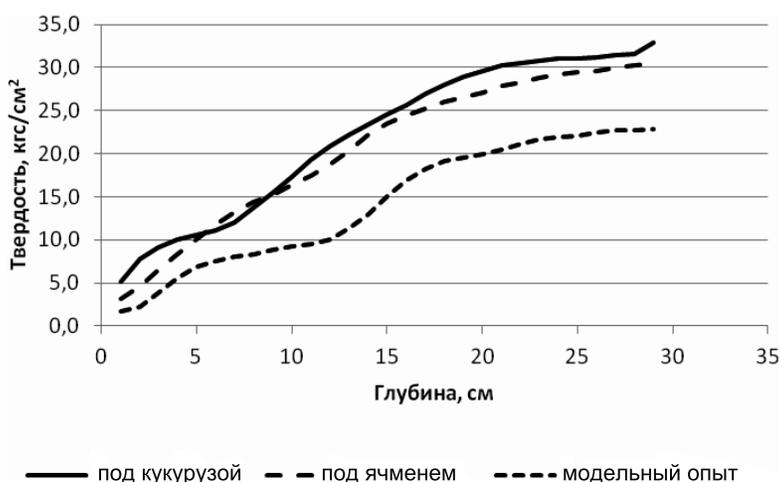


Рис. 1. Твердость темно-серой оподзоленной почвы после посева ячменя (17.04.2013) и кукурузы (29.04.2013) и в модельном опыте

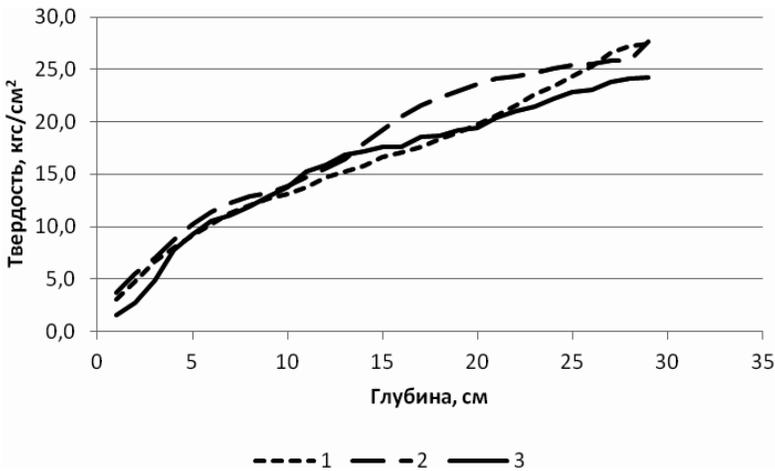


Рис. 2. Твердость темно-серой оподзоленной почвы после посева подсолнечника и в модельном опыте:  
 1 – почва под подсолнечником после кукурузы (30.06.2014);  
 2 – почва под подсолнечником после ячменя (28.06.2014);  
 3 – почва в модельном опыте (28.06.2014)

В середине вегетации в 2013 г. более благоприятные условия в поверхностном слое почвы по показателю твердости в модельном опыте сохранились (рис. 3). При условии создания оптимальных параметров посевного слоя твердость почвы в слое 0–4 см оказалась в 1,5–2 раза ниже, чем под кукурузой, и в слое 0–15 см в 2 раза ниже, чем под ячменем.

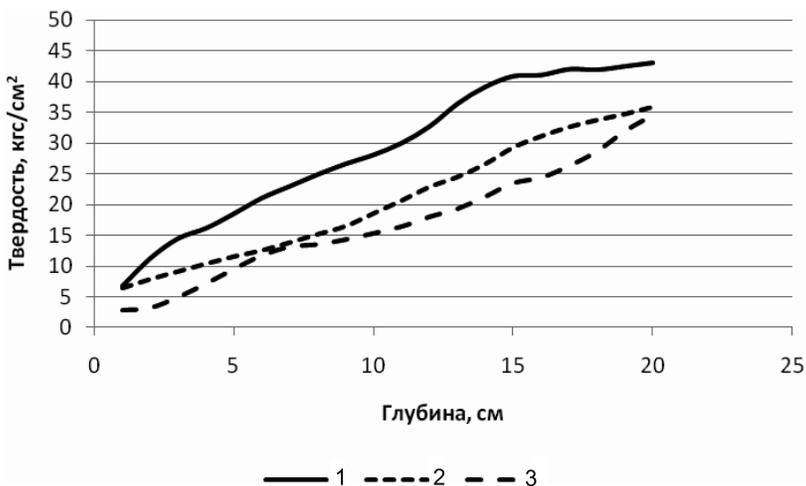


Рис. 3. Твердость темно-серой оподзоленной почвы в середине вегетации ячменя и кукурузы в производственных посевах и кукурузы в модельном опыте:  
 1 – ячмень, производственный посев (05.06.2013);  
 2 – кукуруза, производственный посев (04.06.2013);  
 3 – кукуруза, модельный опыт (04.06.2013)

В конце вегетации (определение на участке поля под ячменем выполнено 17 июля, на участке поля под кукурузой – 10 октября) не было статистически значимых различий в твердости почвы в модельном опыте и под кукурузой (5,7 кгс/см<sup>2</sup> и 6,8 кгс/см<sup>2</sup> в слое 0–5 см соответственно), в то время как твердость почвы под ячменем существенно выросла и превысила величину этого показателя в модельном опыте в 4–5 раз, достигнув величин 20 кгс/см<sup>2</sup> в слое 0–5 см и 23 кгс/см<sup>2</sup> в слое 5–10 см (в модельном опыте 5,7 кгс/см<sup>2</sup> и 8,5 кгс/см<sup>2</sup> соответственно). И хотя в конце вегетации этот показатель не имеет такого значения, как непосредственно перед посевом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что благоприятные свойства посевного слоя, созданные предпосевной обработкой, могут сохраняться в течение всего вегетационного периода (рис. 4.).

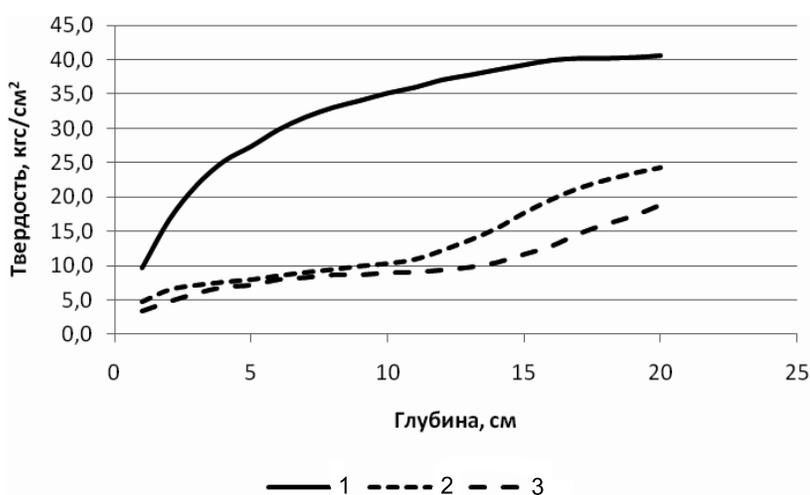


Рис. 4. Твердость темно-серой оподзоленной почвы в конце вегетации ячменя и кукурузы в производственных посевах и кукурузы в модельном опыте: 1 – ячмень, производственный посев (17.07.2013); 2 – кукуруза, производственный посев (10.11.2013); 3 – кукуруза, модельный опыт (10.11.2013)

Определение твердости почвы в 2014 г. в посевах подсолнечника после кукурузы (1 – 18.04; 2 – 28.07; 3 – 15.09) и ячменя (1 – 23.04; 2 – 30.07; 3 – 23.09) показало отсутствие значимых различий этого показателя от значений, полученных в модельном опыте (определения выполнены в те же сроки, что и на участке поля после кукурузы). Это объясняется качественной предпосевной обработкой производственных площадей, выполненной весной 2014 г., и более высокими абсолютными значениями показателя твердости в модельном опыте по сравнению с 2013 г. При этом в середине и в конце вегетации твердость почвы в модельном опыте на всю глубину определения была существенно ниже, чем в производственных посевах и увеличивалась с глубиной не так резко, что создавало более благоприятные условия для развития корневых систем растений.

На черноземе типичном тяжелосуглинистом с помощью экспериментального предпосевного орудия удалось создать надсеменной слой 0–4 см с меньшей твердостью (в среднем 4 кгс/см<sup>2</sup>), чем после обработки культиватором (в среднем 5 кгс/см<sup>2</sup>). При этом в обоих случаях наблюдались оптимальные значения твердости на глубину предпосевной обработки – в слое 0–8 см. В середине вегетации твердость почвы в этом слое существенно возросла – до 8 кгс/см<sup>2</sup> после обработки экспериментальным орудием и до 11 кгс/см<sup>2</sup> после традиционной обработки (табл. 1). Эти различия статистически значимы на уровне доверительной вероятности 95%. В конце вегетации твердость почвы после традиционной обработки и обработки экспериментальным орудием практически не отличалась.

Результаты определения твердости темно-серой оподзоленной почвы в 2015 г. свидетельствуют о том, что наибольшая твердость наблюдалась в середине вегетации ячменя (табл. 2). Наибольшие абсолютные значения этого показателя характерны для слоя 10–20 см, при этом оптимальные значения твердости наблюдались только в слое 0–5 см. Как видно из таблицы 2, твердость темно-серой оподзоленной почвы в начале вегетации ячменя в производственных условиях была значительно выше, чем чернозема типичного в опыте с оптимальными агрофизическими условиями, постепенно повышаясь с глубиной. При этом значение твердости чернозема типичного модельного опыта не превышало оптимальные значения во всем слое 0–20 см.

В середине вегетации ячменя твердость почвы резко увеличилась по сравнению с началом вегетации. Начиная с глубины 15 см, твердость почвы производственного поля постепенно снижалась, в отличие от твердости чернозема типичного модельного опыта, в котором твердость с глубиной практически не менялась (в таблице данные по двум почвам, а в описании одна почва и модельный опыт и производственный посев, привести в соответствие).

Для расчета твердости почвы по другим параметрам предложен ряд моделей. Так, Dexter A. с соавторами [8] приводят типичное уравнение da Silva и Kay, которое используют для прогнозирования твердости почвы:

$$Q = a \cdot \Theta^b \cdot D^c,$$

где  $D$  – плотность сложения почвы;  $\Theta$  – содержание влаги в почве;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – эмпирические коэффициенты, учитывающие содержание в почве физической глины, органического вещества и т.д. (не менее 9 различных факторов).

Другая модель, результаты верификации которой приведены в работе [8], по мнению авторов, имеет логический и физический смысл, применима ко всем типам почв, учитывает показатели физического качества почвы и водоудерживающей способности ( $S$ ):

$$Q = a + b \left( \frac{1}{S} \right) + c\sigma,$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – эмпирические коэффициенты (как в формуле (1)),  $\sigma$  – эффективное напряжение.

Таблица 1

**Твердость чернозема типичного тяжелосуглинистого после традиционной предпосевной обработки  
и обработки экспериментальным предпосевным орудием, кгс/см<sup>2</sup>**

Срок проведения	Глубина пенетрирования, см																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
<i>Традиционная обработка</i>																														
1 срок (17.04)	3	5	6	6	7	7	7	7	8	8	9	10	10	10	11	12	14	15	17	18	20	21	21	22	23	24	25	25	25	25
2 срок (11.06)	6	10	13	15	16	17	18	19	19	20	20	20	21	21	22	23	25	26	28	29	31	31	32	33	34	34	35	35	39	39
3 срок (24.07)	4	6	7	8	10	11	12	13	15	16	17	17	18	20	20	21	22	23	24	26	29	31	34	37	39	41	42	43	–	–
<i>Экспериментальное орудие</i>																														
1 срок (17.04)	2	3	4	5	6	8	10	13	16	18	19	20	21	21	22	22	23	25	25	26	27	28	29	30	31	32	32	32	33	33
2 срок (11.06)	4	7	9	11	13	14	16	18	20	23	24	25	26	27	28	29	30	30	31	32	33	33	34	34	35	36	36	41	41	41
3 срок (24.07)	4	6	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	21	22	24	26	28	29	31	32	33	34	36	37	39	40	44	44

Таблица 2

**Твердость темно-серой оподзоленной почвы после традиционной предпосевной обработки производственных посево  
и чернозема типичного тяжелосуглинистого в модельном опыте, кгс/см<sup>2</sup>**

Срок проведения 2015 г.	Глубина пенетрирования, см																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20								
<i>Темно-серая оподзоленная почва</i>																												
1 срок (27–28.04)	4	7	10	13	14	15	16	18	19	19	20	21	21	21	22	22	23	23	24	24	24							
2 срок (02.07)	7	12	18	22	23	28	30	31	32	32	33	34	35	34	34	31	31	31	32	28	28							
3 срок (29.07)	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	19	21	24	25	27	28	30	31	32	32	32							
<i>НСР<sub>05</sub>=6</i>																												
<i>Чернозем типичный</i>																												
1 срок (29.04)	3	4	4	4	5	5	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	4	3	4	4
2 срок (02.07)	2	3	4	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7	7	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	2	3	3	3
3 срок (07.10)	3	5	8	8	10	12	14	17	18	3	5	8	10	12	14	17	18	19	20	21	22	22	22	21	21	22	22	22
<i>НСР<sub>05</sub>=5</i>																												

Обычно существует противоположная задача: по показателю твердости, который можно легко и быстро измерить в полевых условиях, оценить другие характеристики почвы, и сделать обоснованные выводы о качестве предпосевной обработки почвы вообще.

По результатам определений влажности, плотности сложения и твердости темно-серой оподзоленной почвы (всего 66 дат в 2013–2015 гг. Слобожанское опытное поле, поселок Коммунар, Харьковского района) построена регрессионная модель (рис. 5):

$$X = 23,92 - 1,25Y + 15,89Z,$$

где  $X$  – твердость почвы, кгс/см<sup>2</sup>;  $Y$  – влажность почвы, %;  $Z$  – плотность сложения почвы, г/см<sup>3</sup>.

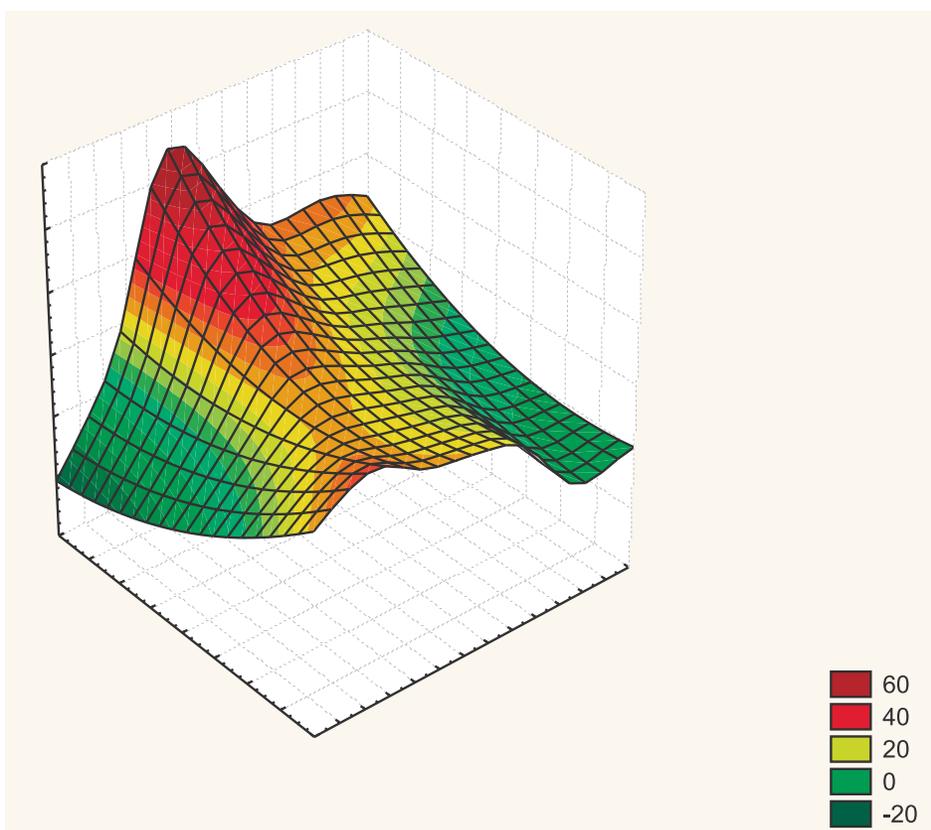


Рис. 5. Графическое изображение зависимости между значениями влажности, плотности сложения и твердости темно-серой оподзоленной почвы

Коэффициент множественной корреляции  $R = 0,51$ .

Уровень доверительной вероятности  $p$  для свободного члена уравнения и для коэффициента влажности не превышает 0,02.

По результатам определений влажности, плотности сложения и твердости чернозема типичного тяжелосуглинистого малогумусного (всего 24 дат, 2014 г.

Слобожанское опытное поле, поселок Опытный, Чугуевского района) построена регрессионная модель (рис. 6):

$$X = -24,6 + 1,6Y + 67,86Z,$$

где  $X$  – твердость почвы, кгс/см<sup>2</sup>;  $Y$  – влажность почвы, %;  $Z$  – плотность сложения почвы, г/см<sup>3</sup>.

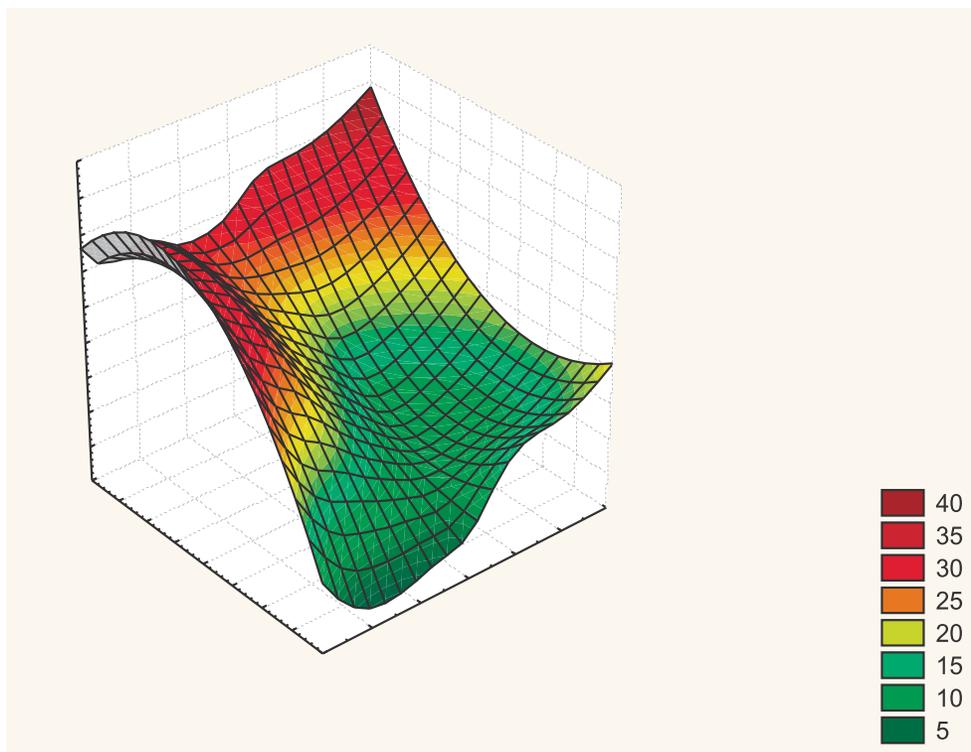


Рис. 6. Графическое изображение зависимости между значениями влажности, плотности сложения и твердости чернозема типичного тяжелосуглинистого малогумусного

Коэффициент множественной корреляции  $R = 0,80$ .

Уровень доверительной вероятности  $p$  для коэффициента влажности и для коэффициента плотности сложения не превышает 0,002.

По результатам определения твердости и влажности почвы с определенной вероятностью можно установить ее плотность сложения – показатель, важный для оценки качества предпосевной обработки почвы (но трудно определяемый по причине громоздкости метода). Очевидно, что точность и адекватность приведенных эмпирических моделей зависит от количества данных, по которым они созданы, по этой причине они требуют дальнейшего уточнения.

## ВЫВОДЫ

1. Экспериментально подтверждено, что посевной слой с оптимальными агрофизическими параметрами характеризуется благоприятными показателями твердости до глубины 12–15 см. Можно формировать такие показатели твердости почвы и в производственных условиях. На черноземе типичном тяжелосуглинстом с помощью экспериментального предпосевного орудия был создан надсеменной слой 0–4 см с твердостью 3,5 кгс/см<sup>2</sup>, что меньше, чем после обработки культиватором – 4,9 кгс/см<sup>2</sup>. При каждом из видов предпосевной обработки твердость почвы можно оценить как оптимальную, при этом меньшая твердость после обработки экспериментальным орудием сохранилась до середины вегетации ячменя.

2. Влияние предпосевной обработки, в случае формирования оптимальных агрофизических параметров почвы, может сохраняться в течение всего вегетационного периода, по крайней мере, это справедливо при выращивании кукурузы на зерно. Нужно совершенствовать экспериментальное предпосевное орудия так, чтобы оно обеспечивало лучшие показатели твердости не только в надсеменной прослойке, но и в семенном и подсеменном слоях почвы.

3. По количественным значениям твердости и влажности почвы с определенной вероятностью можно установить ее плотность сложения – показатель, важный для оценки качества предпосевной обработки почвы (трудно определяемый по причине громоздкости метода). Очевидно, что точность и адекватность приведенных эмпирических моделей зависит от количества данных, по которым они созданы, по этой причине они требуют дальнейшего уточнения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медведев, В.В.* Твердость почв / В.В. Медведев. – Харьков. Изд. КГ1 «Городская типография», 2009. – 152 с.
2. *Lampurlanes, J.* Soil bulk density and penetration resistance under different tillage and crop management systems and their relationship with barley root growth / J. Lampurlanes, C. Cantero-Martinez // *Agron J.* – № 95. – 2003. – P. 526–536.
3. *Manuwa, S.I.* Evaluation of shear strength and cone penetration resistance behavior of tropical silt loam soil under uni-axial compression / S.I. Manuwa, O.C. Olaiya // *Open Journal of Soil Science.* – 2012. – № 2. – P. 95–99.
4. Агровимоги до передпосівного обробітку щодо структурного складу та щільності будови ґрунту з урахуванням розміру насіння сільськогосподарських культур: рекомендації / В.В.Медведев [та ін.]. – Харків: Вид-во «Міськдрук», 2013. – 24 с.
5. Ґрунтообробний агрегат : пат. 82554 Україна : МПК А01В 49/06 (2006.01) / В.К. Пузік, В.В. Медведев, В.Ф. Пашченко, С.І. Корнієнко, А.О. Батулін, С.І. Хекало, Н.Г. Пташинська; – № u 2013 03966; заявл. 01.04.2013; опубл.12.08.2013, Бюл. № 15. – 9 с.
6. *Медведев, В.В.* Новітні технології і знаряддя обробітку для збереження фізичних властивостей ґрунтів / В.В. Медведев // *Вісник аграрної науки.* – 2013. – № 8. – С. 5–9.

7. *Хекало, С.И.* Потребности растений с разным размером семян в плотности строения и структурном составе посевного слоя почвы / С.И. Хекало // Вестник аграрной науки. – 2014. – № 4. – С. 73–76.

8. *Dexter, A.R.* A method for prediction of soil penetration resistance / A.R. Dexter, E.A. Czyż, O.P. Gałe // Soil and Tillage Research. – 93. – 2007. – С. 412–419.

## **ASSESSMENT OF AGROPHYSICAL STATE THE OF SOIL AFTER SEEDBED PREPARATION BY SOIL PENETRATION RESISTANCE**

**A.L. Borodin**

### **Summary**

Penetration resistance of dark gray podzolic soil and typical heavy-loamy chernozem was measured after traditional presowing tillage (by cultivator KTS 6 to a depth of 6–8 cm), presowing tillage by experimental tool in a production conditions and in a model microfield experiment with manually created optimum agrophysical parameters of seed layer. For dark gray podzolic soil the optimum parameters of penetration resistance during 2013–2014 was observed in all cases in a layer of 0–12 cm. In 2015 the optimal penetration resistance values were observed only in the layer of 0–5 cm. For typical heavy-loamy chernozem optimal values of penetration resistance is observed at depth of seedbed preparation in a layer of 0–8 cm. In the case of forming the optimal agrosoil parameters by presowing tillage its influence can be maintained throughout the growing season. Regression models allowing by results of penetration resistance and moisture determination with certain probability to establish its bulk density are proposed.

*Поступила 21.03.16*

УДК 631.4:631.6

## **ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО В ПОСТИРРИГАЦИОННЫЙ ПЕРИОД**

**Л.И. Воротынцева**

*Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского,  
г. Харьков, Украина*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В контексте изменений климата, которые наблюдаются в последние годы в мировом масштабе, орошение является одним из факторов повышения стабильности сельскохозяйственного производства, получения гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур, устранения зависимости и адаптации