
PHYSICS OF SOILS



V. V. Medvedev Academician of NAAS
of Ukraine,
Dr. Sci. (Biol.), Professor

O. M. Bihun

UDK 631.43

*National Scientific Centre «O. N. Sokolovsky Institute
for Soil Science and Agrochemistry»,
Kharkov, Ukraine,
e-mail: vvmmedvedev@ukr.net*

ABOUT OPTIMUM, ADMISSIBLE AND INADMISSIBLE SOIL BULK DENSITY PLOUGHED UP

Abstract. On the basis of processing of soil properties database (all about 2000 sections), experimental field and laboratory modelling researches dynamics of bulk density soil ploughed up of Ukraine is described. Within the limits of scope of fluctuations key parameters of the most friable, modal (the most probable value), optimum (in relation to grain cultures), admissible (at which in soil is kept not less than 15 % of air) and inadmissible (at the critical contents of air less than 15 %, causing negative transformations in soil formation processes and development of roots), and also conditionally maximal (after 10 passes of heavy tractor T-150K) are installed.

The modal level of compaction is differentiated for all gradation of texture, that installs characteristic, equilibrium compaction inherent in the genetic status of soil. Between admissible and inadmissible levels form compaction, suitable for cultivation of agricultural crops and which should be maintained during their vegetation. For the majority of soil light texture of Polesye the bulk density should be in a range of 1,35–1,65 gr/cm³, loamy soils of Forest-Steppe and heavy loamy/light clay soils of Forest-Steppe and Steppe accordingly 1,10–1,35 and 1,15–1,40 gr/cm³.

The specified zonal parameters of compaction are recommended to be used as soil-saving specifications and to not suppose unduly friable and overcompacted condition. Measurements of soil penetration resistance by means of penetrometer with automatic record of results can be used for the control of soil bulk density in field conditions. Regions where soil tillage and a choice of machine-tractor units (MTU) should be carried out with extra care are revealed. It mainly soils of West-Forest-Steppe provinces and soils ploughed up of Predkarpatja and Zakarpatja, heavy loamy and light clay soils of east left-bank Forest-Steppe and Steppe, and also soils of Steppe Crimea.

To save soils from overcompaction is possible, not supposing on fields MTU with specific pressure of their running system above state standard, especially during the spring period, and also minimizing number of passes of technical equipment at cultivation of crops, or resorting to doubling their wheels.

Keywords: *optimum, modal equilibrium, admissible, inadmissible bulk density.*

© V. V. Medvedev, O. M. Bihun, 2013

УДК 631.43

В. В. Медведєв

акад. НААН України,
д-р біол. наук, проф.

О. М. Бігун

*Національний науковий центр «Інститут
грунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського»,
м. Харків, Україна,
e-mail: vvmmedvedev@ukr.net*

ПРО ОПТИМАЛЬНУ, ПРИПУСТИМУ І НЕПРИПУСТИМУ ЩІЛЬНІСТЬ БУДОВИ ОРНИХ ГРУНТІВ

На прикладі найпоширеніших зональних ґрунтів Полісся, Лісостепу й Степу розглянуто динаміку щільності будови орних ґрунтів. Установлено параметри, що відповідають максимально пухкому, модальному рівноважному, оптимальному (за вирощування зернових колосових культур), гранично припустимому й неприпустимому стану ущільнення. Використовуючи відомий критерій мінімального вмісту повітря в ґрунті, обґрунтовано величину ущільнення, що характеризує перехід від гранично припустимого до неприпустимого стану. Останні параметри рекомендується використовувати як нові ґрунтоохоронні нормативи. Дано перелік заходів, застосування яких усуває можливість формування в ґрунті неприпустимого рівня ущільнення.

Ключові слова: *оптимальна, модальна рівноважна, припустима, неприпустима щільність будови.*

УДК 631.43

В. В. Медведєв

акад. НААН України,
д-р біол. наук, проф.

О. Н. Бігун

*Національний науковий центр «Інститут
почвоєдіння і агрохімії ім. А. Н. Соколовського»,
г. Харків, Україна,
e-mail: vvmmedvedev@ukr.net*

ОБ ОПТИМАЛЬНОЙ, ДОПУСТИМОЙ И НЕДОПУСТИМОЙ ПЛОТНОСТИ СЛОЖЕНИЯ РАСПАХИВАЕМЫХ ПОЧВ

На примере наиболее распространенных зональных почв Полесья, Лесостепи и Степи рассмотрена динамика плотности сложения распахиваемых почв. Установлены параметры, соответствующие максимально рыхлому, модальному, равновесному, оптимальному (при возделывании зерновых культур), предельно допустимому и недопустимому состоянию уплотнения. Используя известный критерий минимального содержания воздуха в почве, обоснована величина уплотнения, характеризующая переход от предельно допустимого к недопустимому состоянию. Последние параметры рекомендуется использовать в качестве новых почвоохранительных нормативов. Дан перечень мер, применение которых устраняет возможность формирования в почве недопустимого уровня уплотнения.

Ключевые слова: *оптимальная, модальная равновесная, допустимая, недопустимая плотность сложения.*

ВВЕДЕНИЕ

Плотность сложения почвы – отношение массы почвы к ее объему с порами – важная агрофизическая характеристика почвы, которая широко используется, прежде всего, в земледельческой практике для обоснования интенсивности рыхления почвы либо минимализации обработки. Диапазон ее колебаний в почвах очень широк – от 0,15–0,20 г/см³ в торфяной почве до 1,98 г/см³ в иллювиальном горизонте подзолисто-глеевой почвы либо даже до 2,04 г/см³ в лессовидном суглинке в условиях искусственного давления в 100 атм (Медведєв, 2004). В распахиваемых почвах Украины диапазон колебаний существенно уже, однако в последние годы

проявилась тенденция нарастания равновесной плотности по сравнению с природными аналогами почв и ее постепенного проникновения вглубь профиля. Агропроизводственные и экологически неблагоприятные следствия этого очевидны – уменьшение объема корнеобитаемой зоны, ухудшение водного режима и поступления элементов питания в растения, устойчивости против эрозии и, в конечном итоге, снижение урожая (Медведев, 2013).

В зависимости, главным образом, от грансостава каждая распахиваемая почва имеет свой характерный диапазон колебаний и ключевые параметры – максимально рыхлая, оптимальная (для определенной группы растений), модальная равновесная (наиболее вероятная, та, что чаще всего встречается и является характерной для генетического статуса почвы), максимально плотная. В существующих рекомендациях, направленных на ограничение переуплотнения почв, основное внимание уделяется снижению удельного давления ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву и числу их проходов по полям. Вместе с тем модальная равновесная и оптимальная плотность как ключевые параметры и, главное, их соотношения, которые определяют необходимость обработки и ее способа, остаются недостаточно известными. Кроме того, такой уровень плотности как предельно допустимая и недопустимая, которые могли бы быть принципиально новыми нормативами, пока не используются. Цель статьи состоит в определении ключевых параметров плотности сложения, их дифференциации в зависимости от грансостава и использовании в качестве новых зональных почвоохранных нормативов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В статье использованы данные плотности сложения, определенные методом режущего кольца (преимущественно объемом 100 см³ в 4-кратной повторности) и собранные в базе данных (База данных «Свойства почв Украины» ..., 2012). К моменту написания статьи в базе данных накоплена информация о плотности 726 разрезов распахиваемых почв всех природных зон Украины. Так как плотность в основном была получена спустя 1,5–2,0 месяца после последней обработки, ее мы приняли в качестве равновесной, которая соответствовала модальной, то есть, наиболее вероятной для определенного типа почвы и ее гранулометрического состава. Эти данные были использованы для получения характерных, отвечающих генетическому статусу почвы величин плотности для всех градаций гранулометрического состава.

Параметры оптимальной плотности брали из книги (Медведев, 2004), в которой были обобщены данные 80 модельных опытов, проведенных нами и другими авторами. Из собранных данных выбирали параметры, относящиеся к зерновым колосовым культурам.

Параметры наиболее рыхлого и максимально плотного сложения получены соответственно непосредственно после основной обработки и после нескольких проходов трактора Т-150К. Разумеется, последние параметры максимальными можно считать лишь условно.

Параметры допустимого уплотнения – это расчетные параметры, исходя из требования о том, чтобы содержание воздуха в почве не должно быть ниже 15 %. Допустимым интервалом плотности был диапазон параметров между оптимальным и предельно допустимым уплотнением. Параметры плотности, превышающие последнюю величину, приняты в качестве недопустимых.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вначале рассмотрим систематизированные по градациям грансостава данные равновесной плотности сложения (табл. 1). Как и ожидалось, наибольшая величина плотности оказалась у песчаной, а наименьшая – у суглинистой и глинистой почв.

Таблица 1

Модальная равновесная плотность сложения почв по классам грансостава

1 ¹⁾	2	3	4	5	6	7	8	9
1,62/10 ²⁾	1,60/57	1,51/172	1,35/229	1,33/691	1,30/530	1,27/446	1,28/309	1,27/27

¹⁾ Классы грансостава: 1 – песчаный; 2 – глинисто-песчаный; 3 – супесчаный; 4 – легкосуглинистый; 5 – среднесуглинистый; 6 – тяжелосуглинистый; 7 – легкоглинистый; 8 – среднеглинистый; 9 – тяжелоглинистый.

²⁾ Над чертой – модальная равновесная плотность сложения, г/см³; под чертой – число дат, использованных в расчете.

Причина столь явных отличий – в различной оструктуренности вследствие, как правило, повышенной гумусированности глинистых почв, содержащих больше тонкодисперсных минеральных и органических частиц. Такая плотность обычно складывается в почве через 0,5–2,0 месяца после обработки и поддерживается практически в течение всего вегетационного периода. Если экстраполировать равновесную плотность, показанную в таблице, на почвенный покров, то окажется что доминирующие в Полесье дерново-подзолистые почвы наиболее легкого грансостава укладываются в диапазон плотности 1,50–1,55 г/см³, доминирующие в Лесостепи черноземы типичные, оподзоленные и темно-серые почвы легко-, средне- и тяжелосуглинистого грансостава – диапазон 1,10–1,30 г/см³. Несколько более тяжелые черноземы южные, темно-каштановые и каштановые почвы Степи – почти такой же диапазон – 1,20–1,35 г/см³. Средние данные модальной равновесной плотности, полученные в результате обобщения упомянутой базы, демонстрируются в табл. 2.

Таблица 2

Средняя модальная равновесная плотность сложения пахотного и подпахотного слоев основных почв Полесья, Лесостепи и Степи

Почвы, природная зона	Слой почвы, см	
	0–20	30–40
Дерново-подзолистые неоглеенные и слабооглеенные песчаные, глинисто-песчаные и супесчаные (Полесье)	1,49/41	1,62/21
Черноземы типичные, оподзоленные, темно-серые легко-, средне- и тяжелосуглинистые (Лесостепь)	1,25/127	1,32/90
Черноземы южные, темно-каштановые и каштановые тяжелосуглинистые и легкоглинистые (Степь)	1,17/38	1,37/14

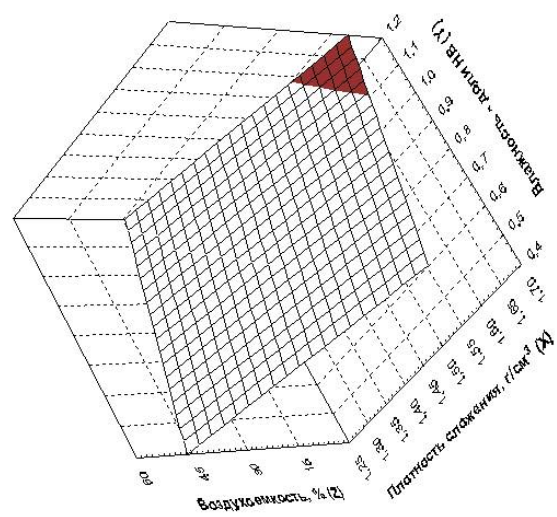
Примечание. Над чертой – средняя модальная равновесная плотность сложения почвы, г/см³; под чертой – число дат, использованных в расчете.

На рис. 1 демонстрируется зависимость воздухосодержания в почве от ее плотности сложения и влажности. Оказалось, что для всех исследованных почв это линейная зависимость с достаточно высоким коэффициентом детерминации. Зависимость между плотностью и содержанием воздуха позволяет установить уровень уплотнения, названный нами допустимым.

Напомним, что под допустимым уплотнением подразумевается такая величина, при которой в почве сохраняется достаточное количество воздуха и почва продолжает нормально осуществлять свои экологические и продуктивные функции. С. И. Долгов (1969) и многие другие исследователи установили, что при снижении содержания в почве воздуха до 10–15 % резко уменьшается продуцирование углекислоты, биологическая активность, нитрификация, ухудшается поглощение корнями растений элементов питания.

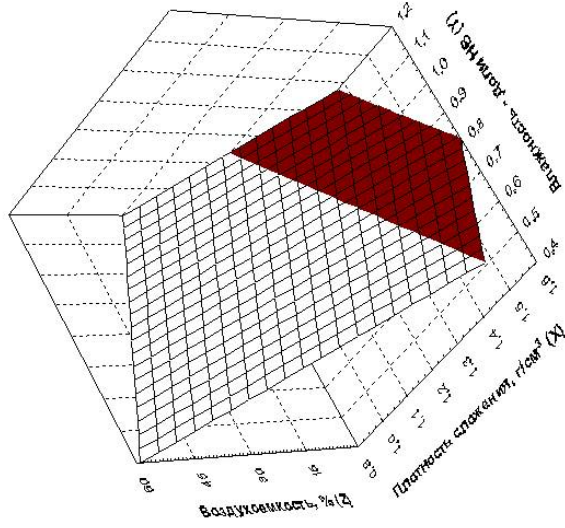
Используя концепцию допустимого уплотнения, мы рассчитали его величину для чернозема типичного тяжелосуглинистого. Она оказалась равной 1,29 г/см³, причем почти полностью совпала с величиной, установленной В. П. Гордиенко (1998)

Воздухоёмкость, % (Z) = 108,5985-42,7536*x-21,4418*y
 $R^2 = 0,976$



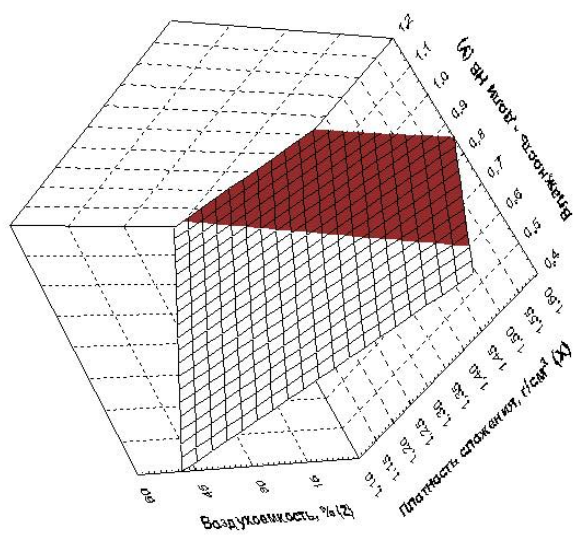
а)

Воздухоёмкость, % = 130,2985-62,9154*x-36,4876*y
 $R^2 = 0,944$



б)

Воздухоёмкость, % (Z) = 131,5952-60,4163*x-40,9094*y
 $R^2 = 0,944$



в)

Рис. 1. Воздухоёмкость пахотного слоя почвы в зависимости от плотности сложения и влажности:

а) дерново-подзолистая супесчаная почва; б) чернозем типичный; в) каштановая среднесолонцеватая среднесуглинистая почва (затененная часть – величина воздухоудержания в 15 %, образуемая в почве при предельно допустимой плотности и влажности, при которой почва чаще всего обрабатывается)

для аналогичной почвы. Однако, как увидим далее, величины допустимого уплотнения различных почв сильно меняются в почвах с различным грансоставом и пористостью. Причин можно назвать, по крайней мере, несколько.

Во-первых, соотношения между твердой фазой, водой и воздухом в различных почвах могут складываться самым неожиданным образом. Так, в почвах с высокой пористостью допустимая плотность ниже, чем в почвах, имеющих пониженную вместимость для воды и воздуха, причем различия могут быть ощутимыми. Например, в почве при наименьшей влагоемкости 32 % и содержании воздуха 15 % допустимая плотность равна 1,20 г/см³, а в почве при НВ, равном 25 % и том же содержании воздуха – соответственно 1,34 г/см³.

Во-вторых, растения в зависимости от строения корней и физиологических особенностей предъявляют различные требования к аэрации. Резко различаются по этому показателю, например, древесные растения и травы, зерновые культуры, корне- и клубнеплоды.

Полагаем, что допустимую плотность следует дифференцировать не только в зависимости от генетических особенностей почв и растительности, которая на них произрастает, но также и от фазы развития культуры (ограничения для прорастающих семян и уже сформировавшейся, хорошо функционирующей корневой системы должны быть различны), способа обработки (предпосевной и основной) и, вероятно, многих других факторов. Уплотнение не должно ухудшать последующее крошение почвы, поступление питательных веществ в корни растений, качество сева, не должно препятствовать быстрому восстановлению исходных присущих данной почве параметров структуры и строения, не должно существенно повышать энергоемкость последующей обработки.

Итак, мы приходим к выводу о необходимости использовать целый ряд почвенных, эдафических и технологических критериев для обоснования допустимого уплотнения почв.

Используя наиболее распространенный критерий (аэрацию при наименьшей влагоемкости) и различные величины НВ (являющейся производной, главным образом, от гранулометрического состава и содержания гумуса) найдем по формуле С. И. Долгова (1969) искомую величину допустимого уплотнения почв (табл. 3). Она оказалась близкой к тем величинам, что рассчитаны С. Ф. Неговеловым (1985) для соответствующих почв Северного Кавказа.

Таблица 3

Допустимая плотность пахотного слоя различных почв

Критерии	НВ, %	Почва	Грансостав	Содержание гумуса, %	Допустимая плотность почвы, г/см ³	
Аэрация (15 %) при НВ	36	Черноземы оподзоленные, типичные, обыкновенные, лугово-черноземные	Тяжело- и средне- суглинистые	4,5–5,5	1,15	
	34				1,18	
	32				1,22	
	30				1,25	
	28	Темно-серые, серые, темно-каштановые, каштановые		3,5–4,5	1,29	
	26				1,33	
	24				1,38	
	22				1,42	
	20	Светло-серые, дерново-подзолистые		Легкосуглинистые	2,5–3,5	1,47
	18					1,52
	16	Дерново-подзолистые		Супесчаные и глинисто-песчаные	1,0–2,5	1,58
	14					1,64
14	1,64					
12	1,71					

Как видим, допустимая плотность почв закономерно увеличивается с уменьшением содержания гумуса, облегчением грансостава и снижением наименьшей влагоемкости. Вероятно, точно также закономерно изменяется допустимая плотность, если в качестве критерия взять иные почвенные показатели – крошение, различные виды сопротивлений, водопроницаемость. Испытанные нами критерии (Medvedev, 1995) почти согласованно подтверждают, что при превышении допустимой плотности растет содержание глыбистых комков при обработке, затраты энергии на ее проведение, ухудшается восприятие почвой влаги, возникают условия для эрозии на склонах.

Полученные параметры допустимого уплотнения нуждаются в дальнейшей дифференциации в зависимости от целого ряда факторов. Например, от произрастающей растительности и фазы ее развития. С. Ф. Неговелов (1985) для тяжелосуглинистого чернозема Краснодарского края при его использовании под яблоню (сорт Ренет Симиренко) допустимую плотность устанавливает на уровне $1,41 \text{ г/см}^3$, а минимальную воздухоемкость – 8 %. Вообще, садовые, лесные культуры и многолетние травы не нуждаются в столь жестком ограничении плотности почв, в то время как полевые культуры, особенно мелкосеменные зерновые колосовые культуры, как раз в таком ограничении нуждаются. По нашим данным (Медведев, 1988), для успешного прорастания и полноценного развития корневых систем таких культур допустимую плотность следует снижать, по крайней мере, на 20 %.

Необходимо снижать допустимую плотность весной, когда почва особенно восприимчива к уплотнению. Напротив, осенью, перед зимним периодом, в течение которого почва обычно разуплотняется, можно повысить допустимую плотность. При этом важно заметить, что, если, например, чернозем типичный тяжелосуглинистый в зиму войдет в переуплотненном состоянии (выше примерно $1,40\text{--}1,45 \text{ г/см}^3$), то к весне он не разуплотняется, для этого понадобится не менее 3-х и даже более лет (Медведев, 1988).

Наконец, не следует допускать проникновения уплотнения вглубь почвы, ибо глубже пахотного слоя почва разуплотняется медленнее или не разуплотняется вовсе. Здесь проявляется тенденция аккумуляции уплотнения, чего допускать нельзя.

Таким образом, реализация концепции допустимого уплотнения позволяет существенно смягчить довольно жесткие требования растений к плотности сложения. Важным становится не только формирование оптимальной модели почв, но и требование не превышать величин допустимого уплотнения. Разница между оптимальной и допустимой плотностью, которая регулируется грансоставом и содержанием гумуса в почве, образует некоторый «люфт», упрощающий, как кажется, формирование оптимальных параметров в производственных условиях.

Используя полученные уравнения и ранее высказанное условие о минимальной величине воздухоудержания в 15 %, не вызывающей негативные следствия для почвообразовательных процессов и корней растений, были установлены искомые величины предельно допустимого уплотнения для почв различного грансостава. Сопоставляя ранее полученные величины оптимального уплотнения с допустимыми, установим реальный диапазон плотности сложения, при котором почву следует обрабатывать (табл. 4). При этом нижний предел диапазона будет соответствовать оптимальной плотности, верхний – предельно допустимой, превышать которую не следует ни при каких условиях. Именно эти величины плотности необходимо признать в качестве стандартов для обработки почв в Украине.

Оценивая установленный диапазон, следует подчеркнуть, что он представляет собой очень широкий размах значений плотности, позволяющий не допустить его превышения, что было бы крайне нежелательно. Особую осторожность следует соблюдать на черноземах суглинистого грансостава, почвах, имеющих вследствие достаточно выраженной структурности и гумусированности низкую равновесную плотность перед обработкой и способных, поэтому переуплотняться (особенно

весной) даже под действием неэнергонасыщенных машинно-тракторных агрегатов (Медведев, 2013). Это преимущественно почвы западно-лесостепных провинций и распахиваемые почвы Предкарпатья и Закарпатья, тяжелосуглинистые и легкосуглинистые почвы восточной левобережной Лесостепи и Степи, а также почвы степного Крыма (рис. 2). Из этой карты следует, что таких почв в Украине около 15,5 %, или 4,7 млн га. Заметим, что данный прогноз был сделан на основании интегрирования информации о грансоставе, исходной равновесной плотности обрабатываемого слоя и влажности почв во время обработки.

Таблица 4

Диапазон допустимой и параметры недопустимой плотности сложения почв, г/см³, для возделывания полевых культур на распахиваемых почвах Украины

Категории уплотнения распахиваемых почв	Песчаные, глинисто-песчаные и супесчаные (преимущественно почвы Полесья)	Легко-, средне и тяжело-суглинистые (преимущественно почвы Лесостепи)	Тяжело-суглинистые и легкосуглинистые (преимущественно почвы Степи)
Диапазон допустимой плотности	1,35–1,65	1,10–1,35	1,15–1,40
Параметры недопустимой плотности	<1,00; >1,65	<1,00; >1,35	<1,00; >1,40

Отметим также, что недопустимый уровень уплотнения для почв Полесья в 1,65 г/см³ и выше, а для почв Лесостепи и Степи, соответственно, 1,35 и 1,40 г/см³ – параметры, которые легко достигаются уже после 4-х проходов ходовой системы колесного трактора Т-150К по одному и тому же следу, причем даже на почве легкого грансостава, не говоря уже о черноземной суглинистой почве. Более того, почва, достигшая этого уровня уплотнения, способна его сохранять достаточно продолжительное время без видимых признаков разуплотнения (Медведев, 2013). По этой причине крайне важно не допускать предельной плотности сложения, для чего была бы полезной соответствующая ее стандартизация, широкая пропаганда (наряду со стандартом допустимого давления ходовой системы на почву) и производство приборов для ее экспрессного измерения. К сожалению, общепринятый метод режущего кольца мало пригоден для этих целей. Более удобен, видимо, косвенный метод с помощью твердомера, приемлемых конструкций которого сейчас в мире используется достаточно много (Медведев, 2009). Более того, между плотностью сложения и твердостью устанавливается ясная зависимость (рис. 3), что открывает вполне реальные перспективы для контроля сложения почв в полевых условиях и недопущения переуплотнения.

Таблица 4

Площади пахотных почв Украины с превышением предельных значений равновесной плотности сложения

Природная зона	Площадь почв	
	%	млн га
Полесье	2,21	0,66
Лесостепь	10,38	3,11
Степь	5,07	1,52

Примечание. Площадь пашни принята равной 30 млн га.

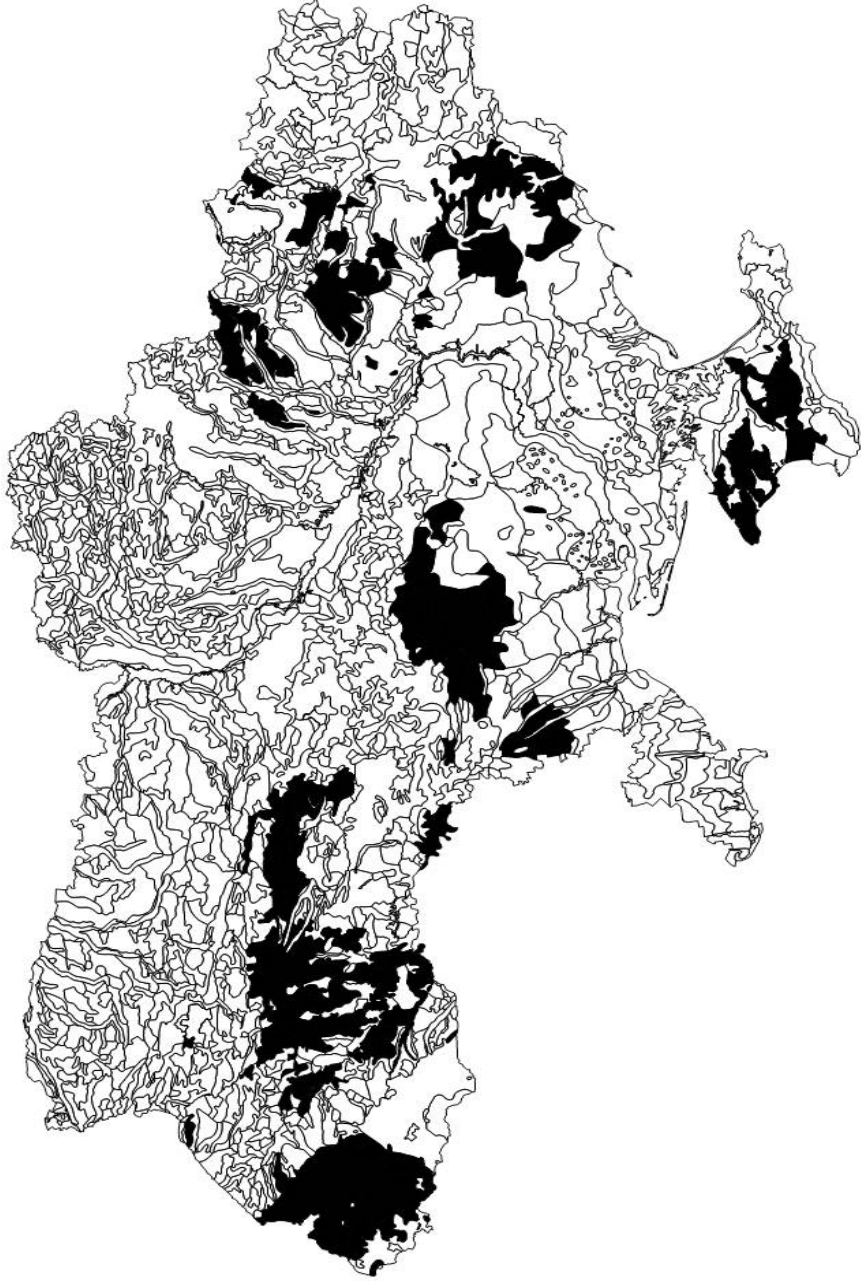


Рис. 2. Синтезированная карта прогноза переуплотнения почв при обработке
(темным цветом на карте обозначены контуры с наиболее высокой опасностью переуплотнения почв)

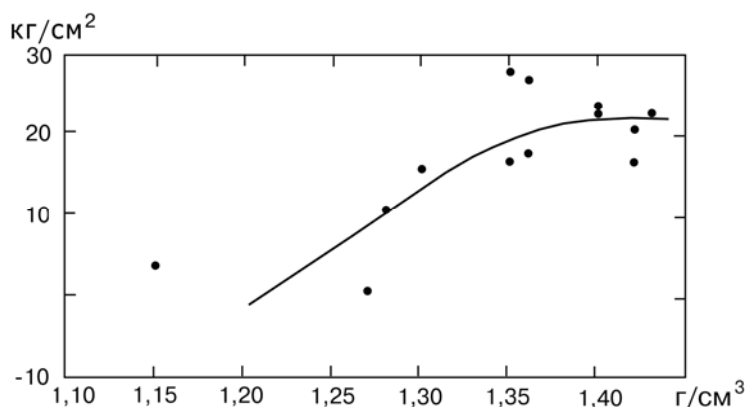


Рис. 3. Зависимость (аппроксимированная кривая) между плотностью сложения (г/см^3) и твердостью (кг/см^2) чернозема типичного тяжелосуглинистого

В табл. 3 демонстрируются параметры недопустимой плотности сложения, которые крайне нежелательны при возделывании практически всех возделываемых в Украине сельскохозяйственных культур. Также следует обратить внимание на излишне рыхлую почву, ибо вред от нее для растущих корней чрезвычайно велик. В излишне рыхлой почве ускоренно формируются утолщенные, но физиологически мало работоспособные корни. Во время оседания рыхлой почвы корневые волоски травмируются, и опять-таки уменьшается их активность. В практической деятельности не очень обращают внимание на этот факт, ибо считается, что процесс достижения почвой равновесного состояния уплотнения – достаточно быстрый процесс. В действительности лишь в почве легкого грансостава – уравнивание почвы – дело нескольких дней. В почве же тяжелого грансостава – значительно дольше и в отсутствие атмосферных осадков – даже до 2-х месяцев. Именно по этой причине прикатывание почвы – важный агроприем, особенно при отсутствии влаги и для мелких семян, прорастание которых в рыхлой почве может не произойти вовсе (Медведев, 2004).

Разумеется, также важно не допустить переуплотнения почвы, но эта сторона негативного действия на рост и развитие растений, особенно после появления высокопроизводительной, но тяжеловесной техники получила широкую известность.

Достаточно продолжительное время, в течение которого мы исследовали переуплотнение распаханых почв, позволяет сформулировать обязательные правила, исключаящие или, по крайней мере, существенно снижающие остроту этой проблемы. Основное условие – это соблюдение принятого в Украине стандарта допустимого удельного давления ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на почву (Техніка сільськогосподарська мобільна ..., 2007) и совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур, предусматривающий тщательный контроль движения машинно-тракторных агрегатов и максимальное сокращение числа их проходов по полям. Наши наблюдения, выполненные в хозяйствах высокой культуры земледелия в Харьковской и Тернопольской областях, показали, что там, где названные условия соблюдаются (не используются колесные тракторы типа Т-150К весной, не допускается бесконтрольное передвижение техники по полям во время посевных и уборочных работ и активно используются разнообразные агроприемы, содействующие разуплотнению почвы), плотность сложения не достигает отмеченных в таблице 3 предельных зональных величин (Медведев, 2004).

Важный резерв недопущения переуплотнения почв – сдвигание колес, что находит широкое применение на американском и европейском континентах.

Сдваивание колес Т-150К снижает удельное давление на чернозем типичный тяжелосуглинистый или подобную почву с таким же грансоставом до допустимых величин (Пашенко, 2007; Dumas, 1972; Nakansson, 2005).

ВЫВОДЫ

Главным образом, в зависимости от гранулометрического состава в распаиваемых почвах формируется специфическая динамика плотности сложения почв – от максимально рыхлого до предельно уплотненного состояния. В пределах размаха колебаний плотности выявлены ее ключевые значения: оптимальная, модальная, допустимая и недопустимая. Диапазон допустимой плотности, дифференцированный для почв Полесья, Лесостепи и Степи, предлагается использовать в качестве нового стандарта. Поддержание необходимой плотности сложения обеспечивается за счет использования техники с допустимым удельным давлением на почву и маршрутизации ее движения по полям, что доказано в практике отечественного и зарубежного земледелия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- База данных «Свойства почв Украины»** (структура и порядок использования) / Т. Н. Лактионова, В. В. Медведев, К. В. Савченко и др. – Х. : ЦТ № 1, 2012. – 150 с.
“Database «Soil Properties of the Ukraine» (structure and the order of use)”, 2012, Laktionova, T. N., Medvedev, V. V., Savchenko K. V., and others, Kharkiv, 1-st Central Publishing printing house, 150 p.
- Гордієнко В. П.** Прогресивні системи обробітку ґрунту / В. П. Гордієнко, А. М. Малієнко, Н. Х. Грабак. – Сімферополь, 1998. – 279 с.
Gordienko, V. P., Malienko, A. M., Grabak, N. H., 1998, “Progressive tillage systems”, Simferopol, 279 p.
- Долгов С. И.** О некоторых закономерностях зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от плотности почвы / С. И. Долгов, С. А. Модина // Теоретические вопросы обработки почвы. – Л. : Гидрометеоздат, 1969. – С. 54-64.
Dolgov, S. I., Modina, S. A., 1969, “About some laws of dependence of productivity of agricultural crops from bulk density”, Theoretical questions of soil tillage, Leningrad, Hydrometeoizdat, pp. 54–64.
- Медведев В. В.** Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В. В. Медведев. – М. : Агропромиздат, 1988. – 160 с.
Medvedev, V. V., 1988, “Optimization of agrophysical properties of chernozems”, Moscow, Agropromizdat, 160 p.
- Медведев В. В.** Плотность сложения почв. Генетический, экологический и агрономический аспект / В. В. Медведев, Т. Е. Линдина, Т. Н. Лактионова. – Х. : Изд-во 13 типография, 2004. – 244 с.
Medvedev, V. V., Lyndina, T. E., Laktionova, T. N., 2004, “Soil bulk density. Genetic, ecological and agronomical aspects”, Kharkiv, 13 Central Publishing printing house, 244 p.
- Медведев В. В.** Твердость почвы / В. В. Медведев. – Х. : Изд-во 13 типография, 2009. – 151 с.
Medvedev, V. V., 2009, “Soil penetration resistance”, Kharkiv, 13 Publishing printing house, 151 p.
- Медведев В. В.** Физическая деградация черноземов. Диагностика. Причины. Следствия. Предупреждение / В. В. Медведев. – Х. : Изд-во Городская типография, 2013. – 324 с.
Medvedev, V. V., 2013, “Chernozems physical degradation. Diagnostics. The reasons. Consequences. The prevention”, Kharkiv, City Publishing printing house, 324 p.
- Неговелов С. Ф.** Почвы и сады / С. Ф. Неговелов, В. Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону : Изд-во Ростовского университета, 1985. – 192 с.
Negovellov, S. F., Valkov, V. F., 1985, “Soils and gardens”, Rostov-na-Donu, Rostov university publishing printing house, 192 p.
- Пашенко В. Ф.** Пример усовершенствованной почвосберегающей технологии возделывания сахарной свеклы на основе отечественных машинно-тракторных агрегатов / В. Ф. Пашенко // Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины. – Х. : Изд-во 13 типография, 2007. – С. 289-300.
Paschenko, V. Ph., 2007, “Example of advanced soil-saving technologies of cultivation of a sugar beet on the basis of domestic machine-tractor units”, Soil-technological division into districts of arable lands of Ukraine, Kharkiv, 13 Publishing printing house, pp. 289–300.
- Техніка сільськогосподарська мобільна.** Норми дії ходових систем на ґрунт. ДСТУ 4521:2006. – К. : Держспоживстандарт

України, 2007. – 8 с. – (Національний стандарт України).

Technics agricultural mobile. Rates of action of running systems on soil. State Standard of Ukraine 4521:2006, Kyiv, State Consumers Standards of Ukraine, 2007, 8 p. (National standards of Ukraine).

Dumas, W. T., Komurer, F. A., Smith, K. A., 1972, “Controlling traffic increases cotton yields”, *Highlights of Agricultural Research*, 19, no 2, p. 16.

Hakansson, I., 2005, “Machinery-induced compaction of arable soils. Incidence-

consequences-counter measures”, *Reports of Soils Sciences Department*, no. 109, Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, 153 p.

Medvedev, V. V., Cybulko, W. G., 1995, “Soil criteria for assessing the maximum permissible ground pressure of agricultural vehicles on chernozem soil”, *Soil and Tillage Research*, 36, pp. 153–164.

Tijink, F. G. J., van der Linden, J. P., 2001, “Engineering approaches to prevent subsoil compaction in cropping system with sugar beet”, *Advances in Geoecology*, 32, pp. 442–452.

Стаття надійшла в редакцію: 17.09.2013

Рекомендує до друку: чл.-к. НАНУ, д-р біол. наук, проф. А. П. Травлєєв