

**МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПЛОТНОСТИ СЛОЖЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ ПРИ
ПРОВЕДЕНИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЕЕ РАЗУПЛОТНЕНИЮ****А.В. Копытовских**

Полесский государственный университет, azbignev@mail.ru

В практике структурной мелиорации для улучшения водно-физических свойств почвы наряду с увеличением мощности пахотного слоя, применением структурообразователей, внесением извести, органических и минеральных удобрений широко применяются агромелиоративные мероприятия по разуплотнению пахотного и подпахотного горизонтов почвы с избыточной плотностью сложения [1, с. 56]. Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений складываются при оптимальных значениях плотности сложения, которая, например, для картофеля составляет 1,0-1,2 и кукурузы 1,1-1,4 г/см³ [2, с. 98]. Ее изменения выше или ниже оптимальных значений сопровождается отклонением от оптимума всего комплекса водно-физических и агрохимических свойств почвы, таких, как влажность, пористость, аэрация, микробиологическая активность и др. При этом, несмотря на экспериментальную доказанность эффективности приемов по разуплотнению пахотного и подпахотного горизонтов почвы, комплексная методика формирования оптимальных параметров почвенного профиля при использовании этих мероприятий до настоящего времени отсутствовала.

Автором работы в рамках государственной научно-исследовательской программы «Агрокомплекс» проведены исследования по структурной мелиорации минеральных земель, в том числе по формированию оптимальных значений показателей, характеризующих физические свойства почвы при ее разуплотнении. В результате получена комплексная методика формирования оптимальной плотности связных почв на минеральных мелиорированных землях.

После проведения агротехнических работ по механической обработке почвы или агромелиоративных мероприятий по ее разуплотнению почва начинает постепенно уплотняться под действием ряда факторов: силы тяжести, ходовых систем сельскохозяйственных машин, атмосферных осадков и др. При этом плотность почвы стремится к своему равновесному

значению, которое на связных минеральных землях, как правило, превышает оптимальные значения, требуемые для роста и развития сельскохозяйственных культур. В равновесном состоянии почва характеризуется свойственными ей: плотностью, пористостью, структурой и др. В этом состоянии в почве формируются устойчивые структурные связи, препятствующие как дальнейшему уплотнению почвы, так и ее самопроизвольному разуплотнению. Поэтому при построении теоретической модели разуплотнения почвенного профиля в целях упрощения примем равновесное состояние как условно монолитное. При работе чизельного оборудования для механического разуплотнения почвенного профиля при действии горизонтального тягового усилия почвообрабатывающего агрегата в условном почвенном монолите возникают нормальные и касательные напряжения, в результате действия которых происходит отрыв монолита от линии подошвы рабочего органа и подъем его на поверхность. В дальнейшем под действием силы тяжести происходит осадка почвы с образованием окончательной ее структуры, характеризуемой взаимным расположением ее агрегатов и созданием новых структурных связей.

Упрощенно, принимая размеры агрегатов одинаковыми, а сами агрегаты – имеющими правильную геометрическую форму шаров, варианты взаимного их расположения можно иллюстрировать схемами, приведенными на рисунке.

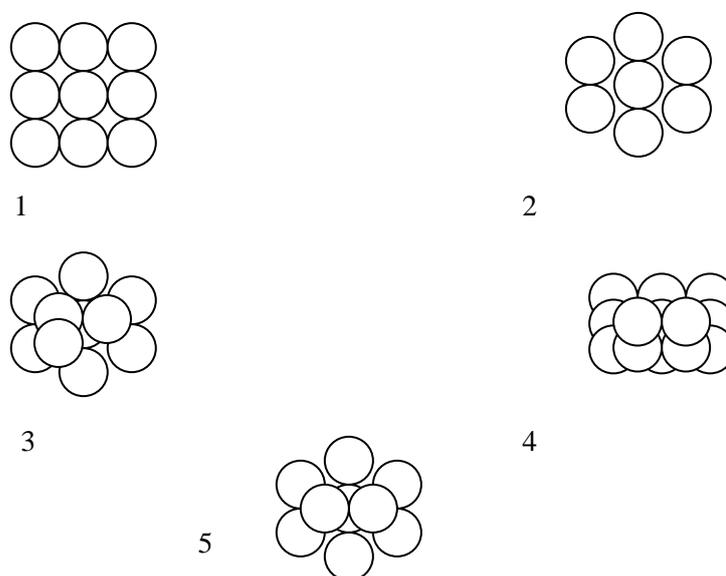


Рисунок – Варианты взаимного расположения агрегатов почвы

Схема 1 представляет собой вариант с наиболее удаленным расположением шаров относительно друг друга, а схемы 4 и 5 – с наиболее компактным их расположением.

При формировании структуры почвы по схеме 1, т.е. при максимальной степени разуплотнения, увеличение объема почвы n при ее разуплотнении произойдет от первоначального значения, равного объему шара V_1 радиусом R до максимального, равного объему куба V_2 с длиной грани $2R$, т.е.

$$n = \frac{V_2}{V_1} = \frac{8R^3}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{6}{\pi} \approx 1,91(\text{раз}). \quad (1.1)$$

В натуральных условиях почвенные агрегаты имеют неодинаковые размеры, расположение их относительно друг друга является не строго упорядоченным, а скорее случайным. Поэтому степень разуплотнения почвы в разных местах области воздействия рабочего органа рыхлителя может быть также различной. Теоретически плотность может изменяться в пределах от исходного ее состояния до минимально возможного значения.

В этом случае значение расчетной плотности d_v определяется как средневзвешенная величина

$$d_v = \sum_{i=1}^N d_{vi} p_i, \quad (1.2)$$

где d_{vi} – плотность i -той структурной схемы,

p_i – весовое содержание почвы с плотностью d_{vi} , в долях от единицы,

N – количество структурных схем.

С учетом крайних (максимального и минимального) значений d_v можно записать:

$$d_v = k d_{v2} + (1-k) d_{v1}, \quad (1.3)$$

где d_{v1} – исходная плотность (до обработки почвы), соответствующая объему почвы V_1 ,

d_{v2} – плотность при максимальной степени разуплотнения, соответствующая объему почвы V_2 ,

k – коэффициент разуплотнения, нормируемый от 0 до 1; при $k = 0$ разуплотнения не происходит, и расчетная плотность сохраняет свое исходное значение d_{v1} , при $k = 1$ достигается максимально теоретически возможная степень разуплотнения, и расчетная плотность принимает значение d_{v2} .

При подстановке в (1.3) выражения плотности через отношение массы почвы m к ее объему V после выполнения соответствующих математических преобразований, получаем

$$\begin{aligned} &= d_{v1} \left(k \frac{\frac{4}{3} \pi R^3}{8R^3} + 1 - k \right) = d_{v1} \left[\frac{k(\pi - 6) + 6}{6} \right] \\ d_v &= d_{v1} \left(k \frac{d_{v2}}{d_{v1}} + 1 - k \right) = d_{v1} \left(k \frac{mV_1}{mV_2} + 1 - k \right) = d_{v1} \left(k \frac{V_1}{V_2} + 1 - k \right) = \end{aligned} \quad (1.4)$$

При определении поправочных коэффициентов k и проверке полученной теоретической зависимости их удобно нормировать в диапазоне от 0 до 2. Тогда, учитывая, что плотность является случайной величиной и, принимая априори нормальный закон ее распределения, можно утверждать, что математическое ожидание коэффициента $k_I = 2k = 1$. С учетом изложенного формула для расчета плотности принимает следующий вид

$$d_v = d_{v1} \left[k_I \left(\frac{\pi}{12} - \frac{1}{2} \right) + 1 \right]. \quad (1.5)$$

Проверка теоретической зависимости (1.5) и определение коэффициентов k_I выполнялось на материале полевых исследований для связных почв Витебской опытно-мелиоративной станции в диапазоне от связных супесей до тяжелых суглинистых почв с плотностью d_v от 1,42 г/см³ до 1,57 г/см³. Для определения плотности применялся объемно-весовой метод. Отбор проб почвы производился в пахотном слое 0-30 см послойно на глубинах 0-5 см, 5-10, 10-15, ..., 25-30 см в четырехкратной повторности. Стандартная ошибка определения плотности сложения при этом не превышала 0,01 г/см³. Места отбора проб привязывались к трассам прохода рабочих органов применяемых почвообрабатывающих орудий. Рыхление выполнялось рыхлителем-щелевателем РЩ-0.80, сменным рабочим оборудованием РСО-45 и чизельным культиватором КЧ-5.1. В таблице представлены результаты исследований.

Результаты исследований показывают, что на степень разуплотнения оказывает влияние тип применяемого орудия и глубина обработки. Так, для рыхлителя-щелевателя РЩ-0.80 и чизельного культиватора КЧ-5.1 коэффициенты k_I находятся в пределах 1,2-1,3, и для сменного рабочего оборудования РСО-45 – в диапазоне 0,85-1,00. При подстановке в формулу (1.5) осредненных значений коэффициентов k_I получаем простую связь между исходной и формируемой при разуплотнении почвы плотностями в пахотном слое 0-30 см.

Для рыхлителя-щелевателя РЩ-0.80 и чизельного культиватора КЧ-5.1 средняя плотность определяются по зависимости

Для сменного рабочего оборудования РСО-45

$$d_v = 0,70d_{v1}. \quad (1.6)$$

$$d_v = 0,78d_{v1}. \quad (1.7)$$

Для других типов чизельных рыхлителей среднюю плотность приближенно можно определить по формуле

$$d_v = 0,73d_{v1}. \quad (1.8)$$

Таким образом, полученные модели позволяют предварительно планировать получаемую плотность сложения в результате проведения разуплотнения, а также подбирать наиболее приемлемые орудия для обработки.

Таблица – Результаты определения коэффициентов k_1

Механический состав	Исходная плотность, d_{v1} , г/см ³	Марка орудия	Глубина обработки, H , м	Плотность после рыхления d_v , г/см ³	Коэффициент k_1
1	2	3	4	5	6
Легкий суглинок	1,42	КЧ-5.1	0,2	1,01	1,21
Средний суглинок	1,47	КЧ-5.1	0,2	1,03	1,26
Тяжелый суглинок	1,57	КЧ-5.1	0,2	1,09	1,28
Легкий суглинок	1,42	РСО-45	0,3	1,13	0,86
Средний суглинок	1,47	РСО-45	0,3	1,17	0,86
Тяжелый суглинок	1,57	РСО-45	0,3	1,21	0,96
Легкий суглинок	1,42	РСО-45	0,4	1,13	0,86
Средний суглинок	1,47	РСО-45	0,4	1,12	1,00
Тяжелый суглинок	1,57	РСО-45	0,4	1,21	0,96
Легкий суглинок	1,42	РЩ-0.80	0,6	1,01	1,21
Средний суглинок	1,47	РЩ-0.80	0,6	1,02	1,28
Тяжелый суглинок	1,57	РЩ-0.80	0,6	1,08	1,30
Легкий суглинок	1,42	РЩ-0.80	0,8	0,99	1,27
Средний суглинок	1,47	РЩ-0.80	0,8	1,02	1,28
Тяжелый суглинок	1,57	РЩ-0.80	0,8	1,09	1,28

Список использованных источников:

1. Копытовских, А.В. Оптимизация систем обработки почвы при структурной мелиорации минеральных земель /А.В. Копытовских // Монография. – Минск: Учебно-методический центр Минсельхозпрода, 2004. – 227 с.
2. Ревут, И.Б. Плотность почвы и ее плодородие / И.Б. Ревут, И.Г. Лебедева, И.А. Абрамова // Сб. тр. по агроном. физике. - Л., 1962. - Вып.10.– С. 154-165.