

ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

1. Физические свойства почвы 2. Физико-механические свойства почвы

1. Физические свойства почвы

К физическим свойствам почвы относятся плотность сложения почвы, плотность твердой фазы и пористость.

Плотностью сложения почвы (d_v) называется масса единицы объема абсолютно сухой почвы, взятой в ненарушенном (природном) сложении, которая выражается в $г/см^3$. При определении плотности сложения учитывают массу почвы в единице объема со всеми порами, поэтому плотность почвы будет всегда меньше плотности твердой ее фазы. Плотность (плотность сложения) почв изменяется в широких пределах: у минеральных почв – от 1,0 до 1,8 $г/см^3$, у торфяно-болотных – от 0,15 до 0,4 $г/см^3$.

На величину плотности сложения влияет гранулометрический состав: легкие почвы имеют меньшую плотность сложения по сравнению с тяжелыми; содержание органического вещества: с увеличением содержания органического вещества плотность сложения снижается; структурность: чем лучше структурное состояние почвы, тем ниже ее плотность; глубина почвы: с возрастанием глубины плотность сложения почвы увеличивается.

Наиболее рыхлой почва бывает короткий период после обработки, а затем начинается ее уплотнение. После какого-то срока, под действием природных факторов, она достигает определенной плотности, которая затем мало изменяется. Такая плотность называется **равновесной**.

Верхние горизонты малогумусных дерново-подзолистых почв имеют плотность 1,2-1,4 $г/см^3$, нижние уплотненные – 1,6-1,8 $г/см^3$.

Плотностью твердой фазы почвы (d) называется отношение массы твердой фазы в сухом состоянии к массе равного объема воды при температуре $4^{\circ}C$, т.е. при температуре $4^{\circ}C$ 1 г воды занимает объем, равный $1 см^3$. Величина этого показателя зависит от природы входящих в состав почвы минералов, количества органического вещества. Чем больше в почве тяжелых минералов, тем выше плотность ее твердой фазы. Что касается органического вещества, то его удельная масса в 1,5 раза меньше, чем у минеральной части почвы. Поэтому почвы с большим содержанием органического вещества всегда отличаются меньшей плотностью твердой фазы.

В среднем плотность твердой фазы у большинства минеральных почв равна 2,50-2,65 $г/см^3$. У торфов она зависит от степени разложения и зольности и колеблется от 1,40 до 1,70, а у некоторых скелетных почв этот показатель равен 3,00 $г/см^3$.

Плотность твердой фазы почвы определяют из образца почвы с нарушенной структурой (растертой в порошок и просеянной через сито 1 мм) пикнометрическим способом, сущность которого заключается в определении объема воды, вытесненной строго определенной массой почвы.

Пористость (скважность) почвы – суммарный объем всех пор между частицами твердой фазы, который выражается в процентах от общего ее объема.

Размер и форма пор зависят от гранулометрического состава (величины и формы гранулометрических элементов), структуры почвы (количества, величины и формы структурных отдельностей), а также от расположения их относительно друг от друга. Поэтому пористость неодинакова как у различных почв, так и по генетическим горизонтам внутри почвы.

Общая пористость обычно составляет в верхних горизонтах почвы 55-70%, в нижних – 35-50%. Она складывается из пористости внутри структурных агрегатов и пористости между ними. Различают общую, капиллярную и некапиллярную пористость.

Капиллярная пористость – объем пор, заполненных водой, при влажности почвы, равной полевой влажности.

Некапиллярная пористость – объем крупных пор, заполненных воздухом при этой же влажности (пористость аэрации). Лишь при сильном увлажнении эти крупные поры служат каналами для транзита токов воды.

Самые благоприятные условия увлажнения и воздухообеспеченности складываются в почвах при соотношении капиллярной и некапиллярной пористости 1 : 1.

Сумма видов пористости составляет общую пористость почвы.

Выделяют также понятие активных и неактивных пор. Под *активными* понимают поры, внутри которых возможно передвижение свободной воды под действием менисковых и гравитационных сил. Неактивные поры – тонкие, при увлажнении сплошь заполняются связанной водой, удерживаемой молекулярными силами и недоступной растениям. В таких порах свободная вода передвигаться не может.

Крупные поры в почве большую часть времени заняты воздухом и лишь при сильном увлажнении служат каналами для транзитного тока воды. Это поры аэрации.

Поры активные должны составлять не менее 15% общей пористости в минеральных почвах и 35–40% в торфяных. При пористости аэрации ниже 10–12% корни растений погибают от недостатка воздуха (нижний допустимый предел аэрации).

Пористость определяют по соотношению плотности сложения почвы и плотности ее твердой фазы по формуле:

$$P_{\text{общ}} = \left(1 - \frac{d_v}{d}\right)100,$$

где $P_{\text{общ}}$ – общая пористость почвы, %;

d_v – плотность почвы, г/см³;

d – плотность твердой фазы почвы, г/см³.

За условную единицу здесь принимается объем всей массы почвы (твердая фаза + поры). Для определения объема пор надо из единицы вычесть ту часть объема, которая занята твердой фазой. Эта величина получается делением плотности сложения почвы на плотность твердой фазы. Общую пористость принято подразделять на пористость аэрации и поры, заполненные водой.

Пористость аэрации вычисляют по формуле

$$P_{\text{аэр}} = P_{\text{общ}} - P_w,$$

где P_w – объем пор, занятых водой, %.

В свою очередь, объем пор, занятых водой (P_w), можно рассчитать по формуле

$$P_w = d_v W,$$

где d_v – плотность сложения почвы, г/см³;

W – полевая влажность почвы, %.

2. Физико-механические свойства почвы

К физико-механическим свойствам относятся: пластичность, липкость, набухание, усадка, твердость, связность, удельное сопротивление почвы при обработке.

Пластичностью называют способность почвы и грунта деформироваться и принимать придаваемую им во влажном состоянии форму без образования трещин и сохранять ее после прекращения внешнего воздействия.

Переувлажненные и сухие почвы не обладают пластичностью, которая проявляется в определенном пределе увлажнения.

Верхним пределом пластичности является влажность нижней границы текучести, т.е. когда конус Васильева погружается в почву на глубину 10 мм под действием собственного веса.

Нижним пределом пластичности является влажность границы раскатывания почвы в шнур $d=3$ мм. При этом происходит распадание шнура на отдельные части.

Величину пластичности измеряют числом пластичности (W), представляющим разность между числовым выражением верхнего (W_1) и нижнего пределов пластичности (W_2):

$$W = W_1 - W_2, \%$$

По числу пластичности судят о гранулометрическом составе почвы (0 – песок, 0-7 – супесь, 7-17 – суглинок, более 17 – глина).

Пластичность зависит от размера почвенных частиц, состава поглощенных оснований, так как они во многом определяют степень гидратации почвы и содержания гумуса. При высоком содержании гумуса пластичность почвы уменьшается.

Липкость – это свойство влажной почвы прилипать к соприкасающимся с нею предметам. Проявляется она, когда сцепление между почвенными частицами меньше, чем между почвой и соприкасающимися с ней предметами.

Липкость измеряется усилием в г на 1 см^2 , требующимся для отрыва от почвы прилипшего к ней диска или пластины. Она зависит от гранулометрического, химического и минералогического состава, от структуры и влажности. Глинистые и бесструктурные почвы сильнее прилипают, чем легкие по гранулометрическому составу или структурные глинистые. Увеличение степени насыщенности почвы кальцием способствует.

С повышением влажности до определенного предела липкость увеличивается, а далее уменьшается, так как нарушается сцепление между частицами почвы. В структурных почвах (черноземы, дерново-карбонатные) липкость начинает проявляться в пределах 60-80% общей влагоемкости. Бесструктурные начинают прилипать при более низкой влажности.

Н.А. Качинский классифицирует почвы по величине липкости на предельно вязкие ($>15 \text{ г/см}^2$), сильновязкие (5-15), средневязкие (2-5) и слабовязкие ($<2 \text{ г/см}^2$)

С липкостью связано важное агрономическое свойство – физическая спелость – состояние влажности, при которой почва хорошо крошится на комки, не прилипая при этом к орудиям обработки. Весной раньше других поспевают к обработке песчаные и супесчаные почвы, высокогумусированные по сравнению с малогумусированными.

Набухание – увеличение объема почвы при увлажнении. Набухание присуще почвам, содержащим большое количество коллоидов, и объясняется связыванием тонкими частицами почвы молекул воды (увеличением гидратных оболочек). Они уменьшают сцепление между частицами почвы, раздвигают их, и в результате происходит увеличение объема почвы. Набухание выражают в объемных процентах.

Величина набухания зависит от количества и качества коллоидов. Наиболее набухаемы глинистые почвы. При этом, чем больше в почве минералов с расширяющейся решеткой, таких, как монтмориллонит и вермикулит, тем больше ее набухание.

Большое влияние на способность почвы набухать оказывает состав обменных катионов. При насыщении почв одновалентными катионами (особенно натрием) набухание достигает 120–150%, тогда как при насыщении двух и трех валентными катионами значительного увеличения в объеме при набухании не наблюдается.

Набухание почвы может вызвать неблагоприятные в агрономическом отношении изменения в поверхностном слое почвы. Вследствие этого частички почвы могут быть настолько разделены пленками воды, что это приведет к разрушению агрегатов.

Усадка – сокращение объема почвы при высыхании. Она измеряется в процентах от исходного объема и зависит от тех же факторов, что и набухание. Большая усадка почвы – отрицательное явление, так как приводит к образованию трещин и разрыву корневой системы растений.

Связность – способность почвы сопротивляться внешнему усилию, стремящемуся разъединить почвенные частицы. Вызывается связность силами сцепления между частицами почвы и характеризует прочность структуры. Выражается в кг/см^2 и зависит от гранулометрического и минералогического состава, влажности почвы, состава обменных катионов, содержания органического вещества, структуры почвы. Наибольшей связностью характеризуются глинистые почвы с высоким содержанием монтмориллонита. Макси-

мальная связность достигается при влажности, близкой к влажности завядания. Связность возрастает при насыщении почвы ионами Na^+ . С увеличением содержания органического вещества она у песчаных почв возрастает, у глинистых и суглинистых – снижается. Последнее объясняется, в первую очередь, образованием большого числа структурных агрегатов, что снижает площадь соприкосновения между почвенными частицами. Поэтому структурные почвы характеризуются меньшей связностью по сравнению с бесструктурными.

Обычно высокосвязные почвы могут хорошо противостоять проявлению водной и ветровой эрозии.

Твердость – это сопротивление, которое оказывает почва проникновению в нее под давлением различных тел. Измеряется с помощью специального прибора – твердомера и выражается в $\text{кг}/\text{см}^2$. Твердость обусловлена теми же характеристиками, что и связность.

Н.А. Качинский классифицирует почвы по величине твердости на рыхлые ($<10 \text{ кг}/\text{см}^2$), рыхловатые (10-20), плотноватые (20-30), плотные (30-50), весьма плотные (50-100) и слитные ($>100 \text{ кг}/\text{см}^2$).

Высокая твердость – признак плохих физико-химических и агрофизических свойств почв.

Удельное сопротивление почвы при обработке – это усилие, затраченное на подрезание пласта, его оборот и трение о рабочую поверхность. Характеризуется сопротивлением почвы (кг), приходящимся на 1 см^2 поперечного сечения пласта почвы, поднимаемого плугом. Удельное сопротивление изменяется в пределах от 0,2 до $1,2 \text{ кг}/\text{см}^2$ в зависимости от гранулометрического состава, влажности, плотности сложения, твердости, состава обменных катионов, содержанием органического вещества, структуры почвы. Наименьшим удельным сопротивлением характеризуются ненасыщенные основания почвы легкого гранулометрического состава (супесчаные и песчаные), самым большим – тяжелосуглинистые и глинистые почвы, насыщенные ионами натрия (солонцового типа). Максимальное удельное сопротивление наблюдается при влажности, близкой к влажности устойчивого завядания, минимальное – при средней увлажненности почвы. При обработке целинных и старозалежных земель она возрастает на 45-50% по сравнению со старопахотными почвами.

На почвах под пропашными культурами удельное сопротивление значительно меньше, чем под зерновыми культурами и многолетними травами.

Почвы с хорошей структурой и высокогумусированные оказывают меньшее сопротивление, чем бесструктурные и малогумусированные.