

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ ОЗЕЛЕНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

О.В. КОРМИЛИЦЫНА, доц. МГУЛ, канд. с.-х. наук⁽¹⁾,

В.В. БОНДАРЕНКО, доц. МГУЛ, канд. биол. наук⁽¹⁾

caf-soil@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1

Для оперативной оценки почвенно-грунтовых условий роста растений, испытывающих влияние антропогенных факторов, и возможности развития их корневых систем использовались такие показатели, как сопротивление пенетрации и объемная влажность почвы. Эти показатели достаточно информативны, не требуют трудоемкого процесса определения, в ходе которого нарушается состояние исследуемого объекта. Диапазон критических значений сопротивления пенетрации почвы составляет 2,1–3,5 МПа, при этом плотность почвы достигает значений более 1,7 г/см³. В этих условиях распространение корней прекращается. При определении указанных показателей необходимо также учитывать структуру, гранулометрический состав почвы, ее влажность. При разрушении структуры, облегчении гранулометрического состава и уменьшении влажности почвы значения сопротивления пенетрации почвы увеличиваются. Установление взаимосвязей между содержанием влаги в почве корнеобитаемой зоны, почвенно-гидрологическими константами, коэффициентами водного стресса и состоянием растений позволило выявить основные причины ухудшения состояния зеленых насаждений на основе показателей почвенно-грунтовых условий. К таким причинам относятся: низкое содержание влаги в почве в начальный период вегетации растений, формирование бесструктурных поверхностных горизонтов, высокие значения сопротивления пенетрации и плотности почвы, препятствующие распространению корневых систем и проникновению влаги в корнеобитаемую зону. Изложенные подходы позволяют осуществлять мониторинг озелененных территорий.

Ключевые слова: сопротивление пенетрации почвы, плотность почвы, развитие корневых систем, объемная влажность почвы, коэффициент водного стресса, причины ухудшения состояния зеленых насаждений.

Активная деятельность по планировке поверхности, строительству жилых и промышленных зданий, прокладке подземных коммуникаций, транспортному освоению территорий приводит к нарушению естественного почвенного покрова и формированию особых почвенно-грунтовых условий. В связи с этим большой научный и практический интерес представляет организация мониторинга состояния почвенно-грунтовых условий произрастания зеленых насаждений, подверженных интенсивному антропогенному воздействию.

Основой такой системы наблюдений, оценки и прогноза состояния почвенно-грунтовых условий наряду с общепринятыми показателями [1, 2], определение которых в большинстве случаев довольно трудоемко, должны стать и такие показатели, которые позволяют оперативно и информативно оценить состояние почв и грунтов, а также, что особенно важно, установить степень их влияния на состояние зеленых насаждений [3].

Кроме того, необходимо учитывать требования по сохранению условий произрастания зеленых насаждений в ненарушенном состоянии, то есть не наносить значительных

повреждений газону, корневым системам деревьев и кустарников, декоративному мульчирующему материалу в процессе определения таких показателей.

К числу таких диагностических показателей можно отнести сопротивление почвы или грунта (сопротивление пенетрации) и объемную влажность почвы или грунта, определяемых с помощью современного оборудования – пенетрографа (Penetrograph, Eijkelkamp) и почвенного влагомера (Soil moisture meter HH2, Eijkelkamp) соответственно.

Сопротивление пенетрации почвы – это сопротивление почвы внедрению в нее зонда цилиндрической или конусообразной формы небольшого диаметра. Сопротивление пенетрации характеризует способность почвы противодействовать проникновению в нее не только агротехнических орудий, но и корней растений [4].

Начало сокращения роста корней наблюдается при сопротивлении пенетрации 0,5 МПа, значительное замедление роста корней происходит при 1,5 МПа. При значении 2,0 МПа сокращение роста корней происходит на 55–70 % от оптимальных значений.

**Взаимосвязь сопротивления пенетрации и плотности почвы с относительным
распространением корней и оценкой условий роста растений**
**The relation of penetration resistance and density of soil with tree root penetration percentages
and state of growth conditions**

Сопротивление пенетрации почвы, МПа	Плотность почвы, г/см ³	Категория уплотнения почвы	Относительное распространение корней, %	Оценка условий роста растений
0,25–0,50	1,0–1,2	рыхлая (неуплотненная)	75–60	благоприятные
0,50–1,00	1,2–1,4	слабо уплотненная	60–30	достаточно благоприятные
1,00–1,25	1,4–1,5	средне уплотненная	30–25	средние
1,25–1,50	1,5–1,6	сильно уплотненная	25–15	неблагоприятные (растения угнетены)
1,50–2,00	1,6–1,7	критически уплотнен- ная (очень плотная)	15–5	критические (резкое сниже- ние роста растений)
> 2,00	> 1,7	чрезвычайно плотная	менее 5	чрезвычайно неблагопри- ятные (прекращение роста, растения обречены на ги- бель)

Некоторые исследователи [5; 6] считают, что уже при 2,1–2,3 МПа условия для роста корней становятся критическими и возможна даже полная остановка развития корней.

По мнению ряда авторов [7, 8], сокращение роста корней на 90 % или его полное прекращение наблюдается при значениях сопротивления пенетрации почвы около 3,0–3,5 МПа [4]. В этом случае распространение корней возможно только по трещинам или по корневинам (ходам сгнивших корней).

Сопоставление значений сопротивления пенетрации и плотности почвы позволяет определить возможность распространения (роста) корней и оценить условия роста растений (табл. 1).

Однако необходимо учитывать целый ряд показателей, влияющих на критические значения сопротивления пенетрации почвы для роста растений. К таким показателям (свойствам) почвы относятся структура, гранулометрический, минералогический, агрегатный состав и влажность почвы.

Согласно исследованиям Lhotsky J., a kol, 1984; Zrubec F., 1998 [4], зависимость сопротивления пенетрации почвы (по критическим значениям) от гранулометрического состава следующая: глина – 2,8–3,2 МПа; тяжелый суглинок – 3,2–3,7 МПа; средний суглинок – 3,7–4,2 МПа; легкий суглинок – 4,5–5,0 МПа,

супесь – 5,5 МПа, песок – 6,0 МПа. Для каждого диапазона сопротивления пенетрации приводится определенный диапазон весовой влажности, т. е. 28–24 %; 24–20 %; 18–16 %; 15–13 %, 12 %, 10 % соответственно, и в случае, если фактическая весовая влажность выше приведенной в диапазоне, то к измеренному значению сопротивления пенетрации следует прибавить 0,25 МПа, а если ниже – вычесть 0,25 МПа.

Следует отметить, что при использовании современного оборудования, например почвенного влагомера (Soil moisture meter HH2, Eijkelkamp), определяется объемная влажность почвы. В этом случае для корректной оценки критических значений сопротивления пенетрации для почв разного гранулометрического состава следует перевести значения объемной влажности в весовую, т. е. разделить значение объемной влажности на плотность почвы.

Kim D. Coder, 2007 [7], также приводит критические значения сопротивления пенетрации (МПа) и плотности почвы (г/см³) для почв разного гранулометрического состава: для глинистых почв – 1,0 МПа и 1,40 г/см³; для суглинистых – 1,5 МПа и 1,55 г/см³; для песчаных – 2,6 МПа и 1,75 г/см³. При этом приводится критическое значение сопротивления пенетрации для корней растений, которое составляет 2,3 МПа. В данном примере при уменьшении объемной влажности почвы на 1 %, от значе-

Изменение коэффициента водного стресса в зависимости от влажности почвы**The change of water stress coefficient depending on the soil water content**

Диапазон влажности почвы	Коэффициент водного стресса	Доступность почвенной влаги	Состояние растений
$W_a > W_{ПВ}$ (все поры заполнены влагой)	$K_s = 0$	избыточная	растения сильно угнетены (или обречены на гибель)
$W_{ПВ} \geq W_a \geq W_{НВ}$	$K_s = (W_{ПВ} - W_a) / (W_{ПВ} - W_{НВ})$	избыточная – легкодоступная	рост и развитие растений затруднены, их продуктивность и декоративность резко снижаются
$W_{НВ} > W_a > W_{ВРК}$	$K_s = 1$	легкодоступная – среднедоступная (оптимальные условия увлажнения)	максимальная продуктивность и декоративность растений
$W_{ВРК} \geq W_a \geq W_{ВЗ}$	$K_s = (W_a - W_{ВЗ}) / (W_{ВРК} - W_{ВЗ})$	среднедоступная – труднодоступная	растения способны существовать, не обнаруживая внешних признаков недостатка влаги, но их продуктивность и декоративность снижаются
$W_{ВЗ} > W_a$ (все поры заполнены воздухом)	$K_s = 0$	труднодоступная – весьма труднодоступная и недоступная	растения сильно угнетены (или обречены на гибель)

ния 35 %, значение сопротивления пенетрации следует увеличить на 0,11 МПа. Иными словами, если значение фактической объемной влажности составляет, например 30 %, то к измеренному значению сопротивления пенетрации следует прибавить 0,55 МПа. Подобная зависимость характерна для бесструктурных почв или почв с призматической структурой, когда сопротивление пенетрации возрастает при уменьшении влажности.

Таким образом, стресс, который испытывает корневая система растений от критического уплотнения почв и грунтов под воздействием антропогенных факторов, не может не сказаться на изменении водного режима городских почв [9]. В связи с этим возникает необходимость в оценке изменения объемной влажности почвы в течение различных периодов вегетации и сравнении полученных значений с оптимальными и критическими значениями, т. е. с почвенно-гидрологическими константами: наименьшей влагоемкостью – $W_{НВ}$, критической влажностью (влажностью разрыва капилляров) – $W_{ВРК}$, влажностью устойчивого завядания – $W_{ВЗ}$. Взаимосвязь между содержанием влаги в почве корнеобитаемой зоны и состоянием растений наглядно демонстрирует такой показатель, как коэффициент водного

стресса (K_s). Коэффициент водного стресса – это отношение текущих условий влажности (актуальная влажность W_a), к оптимальным условиям. Таким образом, если влажность почвы находится в пределах от $W_{НВ}$ до $W_{ВРК}$ и коэффициент стресса равен 1, растение находится в оптимальных условиях. Если же влажность за этим пределом, то растение испытывает водный стресс (табл. 2).

Недостаточное количество осадков в начальный период вегетации, снижение объемов воды, поступающих в почву в осенний период, низкое исходное содержание влаги в почве после таяния снега за счет его уборки в зимний период, повышенная температура воздуха в городе, темный цвет поверхностных органогенных горизонтов почвы, конкуренция за воду со стороны травянистой растительности (газона) – все эти причины приводят к иссушению почвенного профиля и возникновению водного стресса [10].

Таким образом, ухудшение структуры поверхностных горизонтов почвы (образование бесструктурных поверхностных горизонтов), критические значения сопротивления пенетрации и плотности почвы, снижение актуальной объемной влажности ниже критических значений, уменьшение содержания (запаса) влаги в

почве приводят к существенному сокращению развития корневых систем и ухудшению состояния зеленых насаждений [11].

Использование рассмотренных показателей состояния почвенно-грунтовых условий позволит учесть особенности урбанизированных территорий для успешного произрастания древесных растений.

Библиографический список

1. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
2. Craul, P.J. Urban soils. Applications and practices / P.J. Craul. New York: John Wiley & Sons, 1999. – 366 p.
3. Карминов, В.Н. Методы численной классификации в почвенных исследованиях / В.Н. Карминов, О.В. Мартыненко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – № 7 (56) – М.: МГУЛ, 2007. – С. 76–77
4. Шеин, Е.В. Курс физики почв / Е.В. Шеин. – М.: МГУ, 2005. – 432 с.
5. Day, S.D. A review of the effects of soil compaction and amelioration treatments on landscape trees / S.D. Day, N.L. Bassuk // Journal of Arboriculture, 1994. 20(1). pp. 9–17.
6. Sinnett, D. Soil penetration resistance and tree root development / D. Sinnett, G. Morgan, M. Williams, T. Hutchings // Soil Use and Management, 2008. 24 (3). pp. 273–280.
7. Coder, K.D. Soil Compaction Stress & Trees: Symptoms, Measures, Treatments. Warnell School of Forestry & Natural Resources University of Georgia, 2007. 99 p.
8. Cass, A. Physical indicators of soil health, in Indicators of Catchment Health: A Technical Perspective / A. Cass, N. McKenzie, H. Cresswell. Eds Walker, J and Reuter, DJ, CSIRO Publishing, Melbourne, 1996. pp. 89–108.
9. Bondarenko, V.V. Soil water regime and evapotranspiration of sites with trees and lawn in Moscow / V.V. Bondarenko. – PhD thesis, Wageningen University, 2009. 171 p.
10. Кормилицына, О.В. Оценка водного стресса городских насаждений в зависимости от свойств почв / О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2008. – № 1. – С. 7–9.
11. Makarova, O.V. Soil technological and other ecological aspects of state of trees in Moscow. PhD thesis, Wageningen University, 2003. 140 pp.

THE MONITORING OF SOIL CONDITIONS OF GREEN AREAS

Kormilicyna O.V., Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Agric.)⁽¹⁾; **Bondarenko V.V.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Biol.)⁽¹⁾

caf-soil@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ Moscow State Forest University (MSFU), 1-st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

For the quick estimation of soil conditions of the plants growth under the influence of anthropogenic factors and the possibilities of their root systems development the following parameters were used: soil penetration resistance, volumetric water content of the soil. These indicators are rather informative and involve labor-intensive process of estimation during which the condition of the studied object isn't broken. The range of critical values of soil penetration resistance is 2,1–3,5 MPa, thus density of the soil reaches values of more than 1,7 g/cm³. In these conditions root distribution stops. When determining the specified indicators it is also necessary to take into consideration the structure, the texture of the soil, the volumetric water content of the soil. With the destruction of the structure, the lightening of the texture of the soil and the reduction of volumetric water content of the soil the indicators of soil penetration resistance increase. The establishment of interrelations between water content of a root zone, soil and hydrological constants, coefficients of a water stress and the condition of plants allowed to establish the main reasons for the green plantings condition deterioration on the basis of soil conditions indicators. These reasons include low water content in the soil in the initial stage of vegetation period, the formation of unstructured soil layers, high values of soil penetration resistance and soil density interfering distribution of root systems and infiltration of water into the root zone. These approaches allow to carry out the monitoring of the green areas.

Keywords: soil penetration resistance, soil density, development of root systems, soil water content, water stress coefficient, state of green plantings.

References

1. Vadyunina A.F. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods of research of physical properties of soils]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 416 p.
2. Craul P.J. Urban soils. Applications and practices. New York: John Wiley & Sons, 1999. 366 p.
3. Karminov, V.N., Martynenko O.V. *Metody chislennoy klassifikatsii v pochvennykh issledovaniyakh* [Numerical methods in soil classification research]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik. no 7 (56), 2007, pp. 76–77
4. Shein E.V. *Kurs fiziki pochv* [Course of physics of soils]. Moscow: MGU, 2005. 432 p.
5. Day S.D. A review of the effects of soil compaction and amelioration treatments on landscape trees. S.D. Day, N.L. Bassuk. Journal of Arboriculture, 1994. 20(1). pp. 917.
6. Sinnett D., Morgan G., Williams M., Hutchings T. Soil penetration resistance and tree root development. Soil Use and Management, 2008. 24 (3). pp. 273–280.
7. Coder K.D. Soil Compaction Stress & Trees: Symptoms, Measures, Treatments. Warnell School of Forestry & Natural Resources University of Georgia, 2007. 99 p.
8. Cass A., McKenzie N., Cresswell H. Physical indicators of soil health, in Indicators of Catchment Health: A Technical Perspective. Eds Walker, J and Reuter, DJ, CSIRO Publishing, Melbourne, 1996. pp. 89–108.
9. Bondarenko V.V. Soil water regime and evapotranspiration of sites with trees and lawn in Moscow. PhD thesis, Wageningen University, 2009. 171 p.
10. Kormilicyna O.V. *Ocenka vodnogo stressa gorodskikh nasazhdeniy v zavisimosti ot svoystv pochv* [Assessment of Water Stress in Municipal Plantations Depending on Soil Properties]. Bulletin of Higher Educational Institution. Lesnoy Zhurnal, 2008. № 1. pp. 79.
11. Makarova O.V. Soil technological and other ecological aspects of state of trees in Moscow. PhD thesis, Wageningen University, 2003. 140 p.