
ФІЗИКА ҐРУНТІВ

УДК 631.4

М. В. Нецветов

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИЙ 1–100 Гц НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ МИКРОЧАСТИЦ В ПОЧВЕ

М. В. Нецветов

Донецкий национальный университет

ВПЛИВ ВІБРАЦІЙ 1–100 Гц НА ПЕРЕМІЩЕННЯ МІКРОЧАСТОК У ҐРУНТІ

Розглянуто вплив вібрацій на переміщення полімерних мікрочасток у натуральному та штучному ґрунті. Діапазон частот, що досліджували, обрано згідно з природними вібраціями в ґрунті. Проникнення мікрочасток у ґрунт спостерігали лише у деяких діапазонах частот, ширина та кількість яких збільшуються відповідно до амплітуди коливань.

Ключові слова: вібрації, ґрунт, лесиваж.

M. V. Netsvetov

Donetsk National University

1–100 Hz VIBRATIONS EFFECT ON MICROPARTICLES SPILLING IN SOIL

We consider the effect of vibration on polymer microparticles spilling into soil and its imitation. There is the frequency range of studied vibration for natural one. The effect lies in the certains frequency ranges, the number and breadth of which rise with amplitude of vibration.

Keywords: vibrations, soil, lessivage.

Согласно классическим представлениям о взаимодействии компонентов биогеоценозов (Сукачев, 1964) почва тесно связана со всеми составляющими экотопа и биоценоза. Взаимодействие и свойства этих составляющих определяют структуру биогеоценоза. Свойства почв Ф. Дюшофур (1970) делит на физические, химические и биохимические. В физике почв основное внимание уделяется статическим характеристикам, а из динамических рассматриваются такие, как увлажнение–высыхание, сезонные и суточные колебания температуры, замерзание–оттаивание, то есть те процессы, которые характеризуют микроклимат почв – педоклимат. В то же время в рамках почвенной экологии недостаточно подробно изучено такое важное явление, как вибрации (или механические колебания (МК)).

Как нами было показано ранее (Нецветов, 2003а), в лесу под действием ветра при раскачивании стволов и ветвей деревьев возникают сверхнизко- и низкочастотные МК. Через основание ствола и корневую систему колебания передаются на почвенный ком, схематически это представлено на рис. 1.

Под давлением ветра часть силы «а», действующей на ствол и ветви, будет передаваться корням (k_1 , k_2 , k_3) в виде сил «б», «в» и «г». При этом под корнем k_1 и над корнем k_3 будет возникать область сжатия, над k_1 и под k_3 – растяжения и вокруг k_2 и по бокам k_1 и k_3 – области сдвиговых деформаций. Как известно, сила ветра непостоянна по направлению и величине, также непостоянными будут и силы, действующие на корни. Верхние подвижные слои почвы, таким образом, оказываются подверженными полихроматическим по частоте с переменными амплитудами механи-

ческим колебаниям от корней и оснований стволов. Распространение вибраций в почве определяется ее упругомеханическими свойствами, а в пределах одного биогеоценоза – типом растительности, видовым составом фитоценоза.

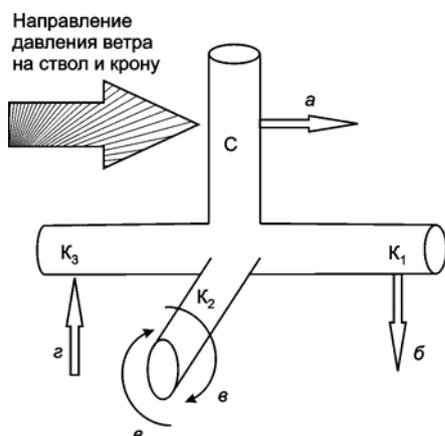


Рис. 1. Силы ($a, б, в, г$), действующие на ствол (C) и корни дерева ($к_1, к_2, к_3$) под действием ветра

О подвижности корней деревьев при их раскачивании свидетельствуют прямые экспериментальные исследования (Данилик, 1989). В них зарегистрированы величины (до 1 мм и более) смещения отдельных корней сосны и ели при раскачивании, соответствующих сильному ветру. В работе В. Хинтика (Hintikka, 1973), что движения корней могут регистрироваться уже при скорости ветра 3 м/с. Кроме того, это подтверждается повреждениями корней о материнскую породу и обрывами крупных корней (Шавин, 1966; Hartge et al., 1983; Hintikka, 1973; Stone, 1977).

Известно, что колебания корней, по амплитуде соответствующие крепкому ветру, увеличивают водопроницаемость почвы вдоль корней сосны и ели в среднем в 3,7 раза и в почвенном монолите, заключенном между корнями, – в 1,2–1,9 раза (Данилик, 1989). По данным В. Хинтика (Hintikka, 1973), раскачивание деревьев отражается на морфологии корней, приводит к улучшению аэрации почвы. Нами было показано (Нецветов, 2003б), что на частотах до 10 Гц МК могут ускорять или индуцировать процессы вертикального перемещения тонких фракций почвы – лессиваж. Однако действие ветра на некоторые деревья и кустарники может приводить к колебаниям с частотами выше 10 Гц (Нецветов, 2003а), поэтому целью настоящей работы явилось исследование влияния механических колебаний с частотами от 1 до 100 Гц при различных амплитудах колебаний.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили по описанной ранее методике (Нецветов, 2003б) на установке, схематически представленной на рис. 2. Эксперименты выполнены при трех значениях амплитуды колебаний (рис. 3) в диапазоне частот 1–100 Гц с шагом 1 Гц. При каждом значении частоты опыт повторяли 5 раз, а результаты усредняли.

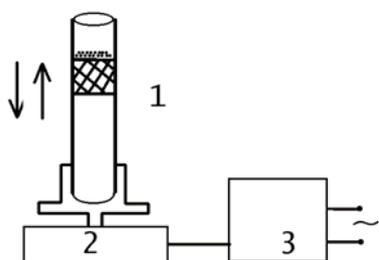


Рис. 2. Схема экспериментальной установки:
1 – пробирка с полиуретановой пробкой или колонкой
естественного грунта (см. в тексте) и частицами
полиметилметакрилата; 2 – электромеханический
преобразователь; 3 – генератор

Перемещение микрочастиц полиметилметакрилата в глубь колонки естественного почвенного субстрата в пробирке (диаметр 1 см, глубина 5 см) исследовали аналогичным образом (см. рис. 2). Использование данных микрочастиц обусловлено их белым цветом, что дает возможность сделать фотосъемку исследуемого процесса. Субстрат был взят из горизонта H_2 20–30 см чернозема обыкновенного, макро- и микроморфологическое описание соответствует разрезу № 201, описанному в монографии Н. А. Беловой и А. П. Травлеева (1999). Горизонт H_2 , темный, мелкозернистый, среднесуглинистый. Вибрирование проводили при частоте 30 Гц и амплитуде ~ 1 мм. По мере прохождения микрочастиц в глубь почвы действие вибрации останавливали, а пробирку фотографировали.

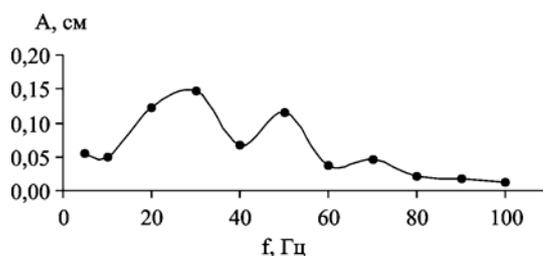


Рис. 3. Максимальные амплитуды колебаний A колонки пробирки с колонкой грунта при различных частотах Гц

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований, проведенных на модели почвы, оказалось, что проникновение в ее объем частиц с поверхности сложным образом зависит от частоты и амплитуды вибрации. Как видно из рис. 4, при амплитуде механических колебаний $1/3A_{\max}$ в исследованном интервале частот f (от 1 до 100 Гц) частицы проникают в глубь субстрата только при $f = 26\text{--}32$ Гц, причем максимум эффекта приходится на 28–30 Гц ($t = 2\text{--}3$ с).

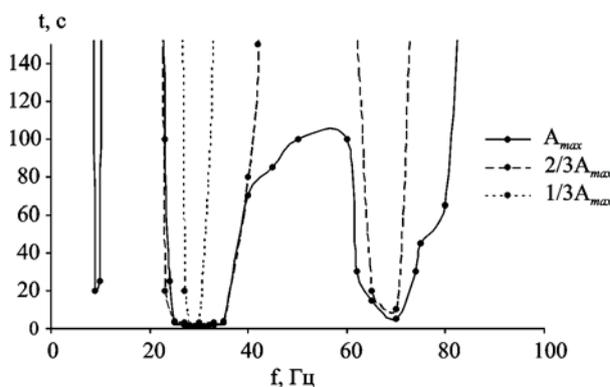


Рис. 4. Зависимость времени (t) погружения коллоидных частиц в микропористый субстрат от частоты (f) при различной амплитуде вибрации A_{\max} , $2/3 A_{\max}$, $1/3 A_{\max}$

Увеличение амплитуды $2/3 A_{\max}$ приводит к расширению имеющейся полосы эффективных частот до $f = 23\text{--}40$ Гц с максимумом эффективности на 25–35 Гц ($t = 1\text{--}2$ с). При этой же амплитуде появляется вторая полоса эффективных частот – 65–70 Гц. Временная характеристика этой полосы (10–20 с) на порядок отличается от предыдущей. При максимальной амплитуде колебаний (A_{\max}) первая полоса остается практически неизменной, вторая уширяется по частоте до $f \approx 60\text{--}80$ Гц, а время проникновения частиц вглубь уменьшается в 2 раза. В сверхнизкочастотной области

появляется третья полоса при $f = 9-10$ Гц, характеризующаяся большим временем погружения частиц – $t = 20-25$ с. Полученные на модели данные согласуются с полученными на натуральном субстрате (рис. 5).

Таким образом, можно предполагать, что вибрации различных частотных характеристик, которые зависят от многих параметров (Нецветов, 2003), могут оказывать большее или меньшее влияние на вертикальное перемещение мелкозема. Морфологически в лессивируемых почвах отмечается наличие горизонта аржиллик, то есть накопления глины (Белова, 1999). Как правило, лессиваж обнаруживается в почвах с хорошим промывным режимом, однако встречается и в более засушливых районах. В том или ином случае можно предполагать влияние вибраций на перемещение микрочастиц и «всухую», поскольку хорошо известно, что вибрация может вызывать псевдооживление. Такая картина напоминает результат встряхивания банки с кофе, когда на поверхности остаются крупные зерна, а мелкие опускаются на дно, или вибрирование бетона, заполняющего воздушные поры. Физический механизм приведенных примеров хорошо известен, а в случае почвы сводится к следующему. При колебаниях уменьшается сила трения между частицами, они отделяются друг от друга, образуя пустые пространства под собой, и более мелкие частицы моментально их заполняют. Трение о стенки пор при колебаниях также приводит к перемещению частиц вниз. Так постепенно формируется картина с постепенным заполнением пор мелкими частицами и увеличением их количества в горизонте *B*.

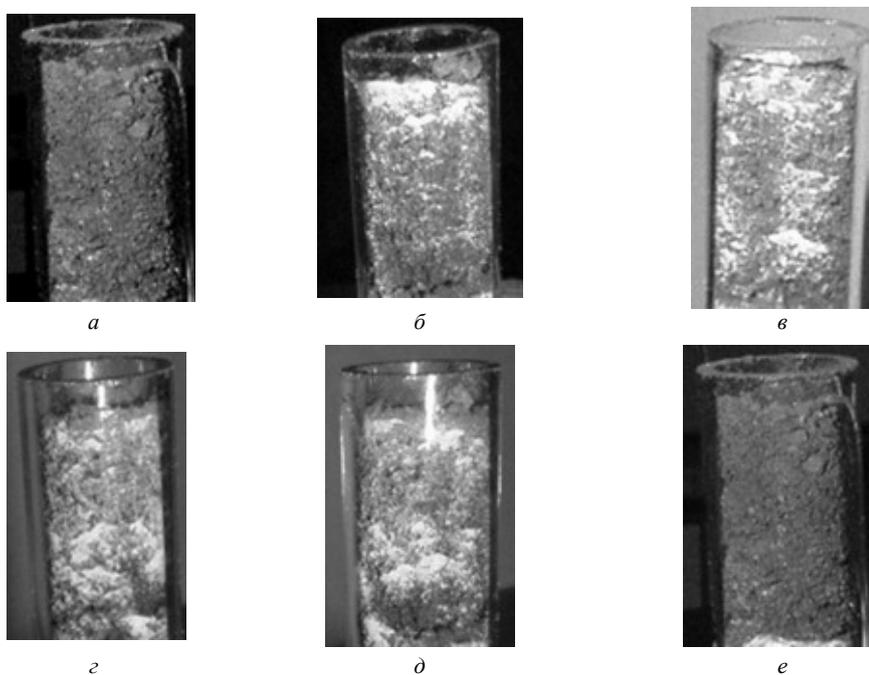


Рис. 5. Погружение микрочастиц полиметилметакрилата в колонку почвенного субстрата из горизонта H_2 чернозема обыкновенного

a – до вибрации; *б* – после вибрации 5 с, *в* – 15 с, *г* – 20 с, *д* – 25 с, *е* – 40 с

* * *

Из полученных в экспериментах данных следует, что механические колебания могут оказывать влияние на физические свойства почвы, изменяя скорость вертикального механического перемещения в ней микрочастиц. Степень оказываемого вибрациями влияния зависит от частоты f и амплитуды A : чем выше A , тем шире эффективный диапазон f .

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Белова Н. А.** Естественные леса и степные почвы / Н. А. Белова, А. П. Травлев. – Д.: ДДУ, 1999. – 348 с.
- Данилик В. Н.** Влияние колебаний деревьев на водопроницаемость почвы / В. Н. Данилик, Г. П. Макаренко, О. В. Толкач // Лесоведение. – 1989. – № 1. – С. 40-45.
- Дюшофур Ф.** Основы почвоведения. – М.: Прогресс, 1970. – 591 с.
- Нецветов М. В.** Вибрации в лесу под действием ветра (теоретический аспект оценки частот) // Экология та ноосферологія. – 2003а. – Т. 13, № 1-2. – С. 87-92.
- Нецветов М. В.** Вертикальное перемещение микрочастиц в почве под действием вибрации сверхнизких частот // Грунтознавство. – 2003б. – Т. 14, № 1-2. – С. 62-65.
- Сукачев В. Н.** Основы лесной биогеоценологии. – М.: Наука, 1964. – 564 с.
- Шавин А. Г.** Повреждение корней и напенные гнили в ельниках Среднего Урала // Лесной журнал. – 1966. – № 1. – С. 169-171.
- Hartge K. H., Blassing D., Herklotz K.** Veranderungen des Bodengefuges unter dem Einfluss mehrjähriger Baumwurzeln // Fortwiss. Cbl. – 1983. – Vol. 102. – P. 99-110.
- Hintikka V.** Wind-induced root movements in forest trees // Metsantutki muslaitok julk. – 1973. – Vol. 76. – P. 1-56.
- Stone E. L.** Abrasion of tree roots by rock during wind stress // Forest sci. – 1977. – Vol. 23. – P. 333-336.

Надійшла до редколегії 21.08.05