

УДК 631.48

М.В. Нецветов

## ВЕРТИКАЛЬНОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ МИКРОЧАСТИЦ В ПОЧВЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВИБРАЦИИ СВЕРХНИЗКИХ ЧАСТОТ

М.В. Нецветов

*Донецкий национальный университет*

### ВЕРТИКАЛЬНЕ ПЕРЕМІЩЕННЯ МІКРОЧАСТОК У ҐРУНТІ ПІД ДІЄЮ ВІБРАЦІЇ НАДНИЗЬКИХ ЧАСТОТ

Досліджено вертикальне переміщення мікрочасток (2–10 мкм) у ґрунті під впливом вібрації з частотами, характерними для стовбурів дерев. Ефективність вібрації у значній мірі залежить від її частоти в діапазоні, вищому за 10 Гц, а також від частоти й амплітуди у діапазоні, нижчому за 10 та 1 Гц. Показано, що вібрації можуть індукувати або прискорювати міграцію часток по порах у ґрунті зверху вниз.

*Ключові слова: мікрочастки, ґрунт, вібрація, частота, лесиваж.*

M.V. Netsvetov

*Donetsk National University*

### SOIL MICROPARTICLES VERTICAL MIGRATION CAUSED BY EFFECT OF SUPERLOW FREQUENCY VIBRATIONS

Superlow frequency vibrations effects on vertical migration of microparticles in soil were experimentally studied. The frequencies of studied vibrations are given as trunks of typical trees. It is shown that the effect of vibration over 10 Hz depends on the frequency of more than amplitude and below 10–1 Hz. The significance of frequency and amplitude is great. It is proven that the vibration effect may consist of both induction of particles' migration and acceleration.

*Key words: microparticle, soil, vibration, frequency, lessivage.*

Различные по происхождению и физическим параметрам механические колебания, или вибрации, распространяемые в биосфере, являются важными экологическими факторами, отвечающими за многие эколого-биологические и геофизические явления (Романов, 1983; Сидякин и др., 1985; Темурьянц и др., 1992; Фролов и др., 1989; Черняк, 1975). Однако не всегда ясно, какую роль в тех или иных процессах они могут играть. С позиций классической физики можно ожидать, что вибрации должны влиять на динамические процессы почвы, а это не может не отражаться на остальных компонентах экотопа и биогеоценоза (Сукачев, 1964). При действии даже небольших по амплитуде вибраций микрочастицы почвы должны испытывать периодическое ускорение, т. е. сила, приводящая к их перемещению, будет усиливаться и ослабевать с частотой действующих колебаний. Данный вопрос тесно связан с принципиальным вопросом в почвоведении – возможностью механического переноса тонких фракций коллоидов (Зонн, 1964; Дюшофур, 1970; Белова, Травлеев, 1999). Важность проблемы заключается в сходстве лессивируемых почв и подзолов, а именно в наличии у обоих элювиального и иллювиального горизонтов, что является лишь временной конвергенцией (Белова, Травлеев, 1999). Главное отличие заключается в миграции мелких минеральных частиц без их химического разрушения (Дюшофур, 1970; Белова, Травлеев, 1999). Несмотря на очевидность влияния вибраций на физические свойства почвы и необходимость его подробного исследования, в литературе практически отсутствуют работы данного направления. Наши исследования связаны с установлением принципиальной возможности влияния вибраций на лесиваж.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования влияния вибраций на механическое перемещение коллоидов проводили в лабораторных условиях с использованием колонки естественного субстрата чернозёма обыкновенного, а также сферических микрочастиц полиметилметакрилата белого или розового цвета диаметром от одного до нескольких десятков микрометров. Почвенный субстрат был отобран из горизонта Н<sub>2</sub> (глубина – 20–30 см) чернозема обыкновенного.

© Нецветов М.В., 2003

венного, макро- и микроморфологическое описание которого соответствует характеристике горизонта Н<sub>2</sub> разреза № 201, приведенной в монографии Н.А. Беловой и А.П. Травлеева (1999, с. 193–195). Исследованный горизонт Н<sub>2</sub> темный, мелкозернистый, среднесуглинистый, слабокорненасыщен.

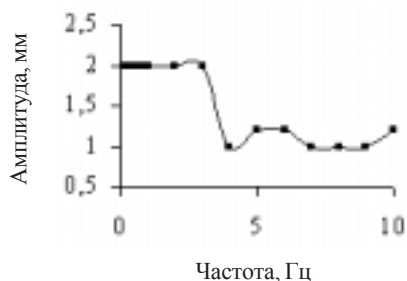


Рис. 1. Амплитудно-частотная характеристика вибрационной установки

Колонку грунта располагали в верхней части пробирки диаметром 10 мм, а синтетические микро-частицы, имеющие площадь 0,5 мм<sup>2</sup>, аккуратно рассыпали по ее поверхности. Пробирка в вертикальном положении укреплялась на платформе электромеханического преобразователя, подключенного к генератору сигналов специальной формы Г6-27, погрешность установления частоты – в пределах 2–5 %. Фиксировали время действия вибрации, за которое микро-частицы погружались в колонку чернозема (исчезали с ее поверхности). Эксперимент проводили в условиях действия вибрации в вертикальном и горизонтальном направлении с амплитудой 1–2 мм. При этом амплитуда колебаний изменялась в зависимости от частоты

(рис. 1). Для каждой частоты опыт повторяли 3–5 раз на разных колонках почвы, результаты усредняли.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как было ранее показано автором (Нецветов, 2002), при вертикальном перемещении микро-частиц по порам почвы влияние вертикальных синусоидальных механических колебаний резко уменьшается на частотах ниже 7–10 Гц. В то же время собственные частоты колебаний стволов деревьев лежат преимущественно в области ниже 10 и даже 1 Гц. В связи с этим в данной работе рассматривается влияние именно сверхнизкочастотных колебаний на миграцию микро-частиц в почве. Кроме того, большие по амплитуде раскачивания деревьев во время сильных ветров, вероятно, будут отличаться от гармонических синусоидальных колебаний. То есть после ослабления силы ветра отклоненное дерево, возвращаясь в обычное положение, создаст толчок или удар о почву.

Соотношение характеристик порывов ветра, упругомеханических свойств дерева и особенностей его закрепления в почве определит силу и периодичность действия на почву вибраций. Таким образом, имеет смысл рассмотрение возможности вертикального перемещения микро-частиц в почве под действием сверхнизкочастотных колебаний, но с коротким фронтом нарастания, а учитывая различные направления роста корней – и с двумя их крайними направлениями – вертикальным и горизонтальным.

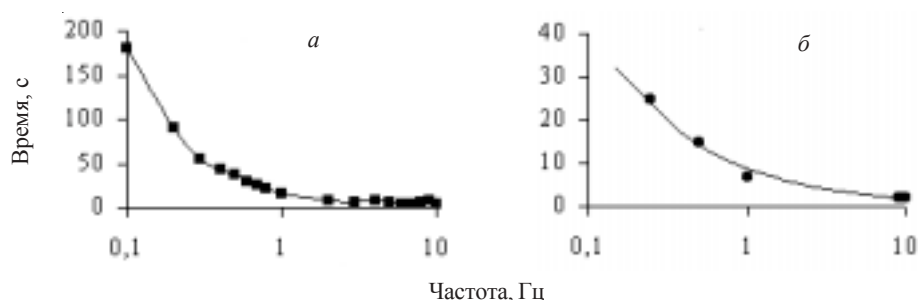


Рис. 2. Зависимость времени вертикальной миграции сферических синтетических микро-частиц 2–10 мкм в почве от частоты горизонтальной (а) и вертикальной (б) вибрации

Как видно из рис. 2, эффектом колебаний в обоих направлениях пренебречь нельзя. Однако на сверхнизких частотах (менее 1 Гц) влияние горизонтальной вибрации более

существенно: время просыпания мелкодисперсных частиц в объем почвы в среднем в 2,8 раза больше в горизонтальном направлении колебаний. Обращает на себя внимание тот факт, что на рис. 2 оба отклика являются степенной функцией частоты ( $\sqrt{2}$ ).

В то же время действие вибрации сводится к ускорению, которое приобретают микрочастицы, пропорциональному первой степени амплитуды и квадрату частоты (это характерно для идеальных маятников), и не зависит от массы частицы.

По всей видимости, в естественных условиях величина смещения стволов и корней деревьев при раскачивании ветром будет иметь существенное значение лишь на очень малых частотах колебаний. Так, если полагать, что в основе действия вибрации на лессиваж лежит ускорение, приобретаемое частицами, то на частотах 7–10 Гц и более амплитуда смещений стволов и корней должна играть всё меньшую роль (рис. 3).

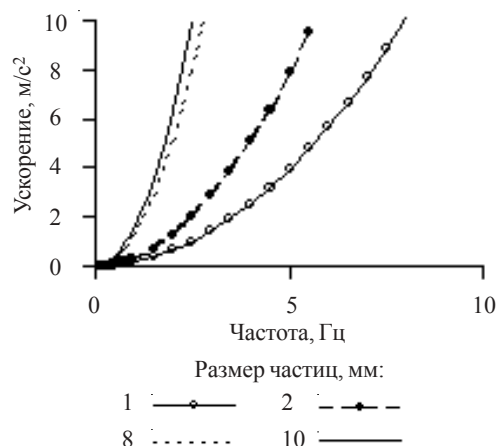


Рис. 3. Расчетные частотные зависимости ускорений, приобретаемых частицами в почве при горизонтальных колебаниях с различной амплитудой

положение относительно поры. При этом сила вибрации будет компенсировать силы трения между частицами и поверхностью канала. Таким образом, в данном и аналогичных случаях можно говорить об индукции вибрацией перемещения частиц по узким каналам или через «узкие места» каналов.

Рассмотрим ситуацию, когда частицы локализованы в фиксированной части поры. Тогда существующая между ними сила трения будет противодействовать их перемещению по каналу небольшого угла наклона относительно горизонтали. Их продвижение может произойти при наличии жидкости, т. е. за счет промывания, что буквально и означает французское *lessivage*. Но и в отсутствие влаги, если сила вибрационного воздействия будет превышать силу трения, перемещение частиц снова будет индуцироваться. Интересно, что после прекращения действия вибрации на поверхности частиц образуются «наплывы» или «натёки», идентичные сделанным жидкостью. В то же время частицы, перемещающиеся под действием силы тяжести, с относительно малой скоростью из-за наличия препятствий могут ускорять свой ход вследствие вибрационного воздействия, которое уменьшает силы взаимодействия между частицами и стенками пор.

Таким образом, вибрации, характеризующиеся сверхнизкими частотами, свойственными для деревьев, могут как индуцировать, так и ускорять механическое перемещение частиц, придавая им определенное ускорение. Величина вибрационного эффекта на частотах ниже 1 Гц определяется как амплитудой колебаний, так и частотой и имеет степенную зависимость от последней. На частотах, превышающих 10 Гц, значение амплитуды колебаний уменьшается, а частоты – увеличивается.

Морфологически картина, создаваемая лишь вибрацией на поверхности поры, схожа с наплывами, образованными при прохождении жидкости.

На основе полученных данных можно предположить схему влияния сверхнизкочастотной вибрации на лессиваж. Отметим, что большинство исследователей считают, что вертикальная миграция в наибольшей степени присуща почвам с достаточно сильным промывным режимом или почвам, хорошо увлажняемым грунтовыми водами (Белова, Травлев, 1999). Тем не менее глубина проникновения частиц может лимитироваться заиливанием почвенных пор (и любых других путей перемещения жидкости и коллоидов), а также наличием «узких мест». В идеальном случае вертикальные вибрации не окажутся эффективными, поскольку ускорение и время падения частиц после «подброса» будут равными для всех из них, т. е. в итоге первоначальная ситуация не изменится. Горизонтальная вибрация, напротив, даже в идеальном случае будет эффективной, так как все частицы будут изменять свое поло-

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Белова Н.А., Травлеев А.П. Естественные леса и степные почвы. – Д.: ДНУ, 1999. – 348 с.
- Вибрационная биомеханика. Использование вибрации в биологии и медицине / К.В. Фролов, А.С. Миркин, В.Ф. Машанский и др. – М.: Наука, 1989. – 142 с.
- Дюшофур Ф. Основы почвоведения. – М.: Прогресс, 1970. – 591 с.
- Зонн С.В. Почва как компонент лесного биоценоза // Основы лесной биогеоценологии. – М.: Наука, 1964. – С. 372-457.
- Космическая экология / В.Г. Сидякин, Н.А. Темурьянц, В.Б. Макеев, Б.М. Владимирский. – К.: Наук. думка, 1985. – 176 с.
- Нецветов М.В. Взаимодействие биологических систем с переменными магнитными полями, электрическими токами и механическими колебаниями как экологическими факторами: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Д., 2002. – 16 с.
- Романов С.Н. Биологическое действие механических колебаний. – Ленинград: Наука, 1983. – 208 с.
- Сукачев В.Н. Основы лесной биогеоценологии. – М.: Наука, 1964. – 564 с.
- Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. – К.: Наук. думка, 1992. – 188 с.
- Черняк Г.Я. О прямом и обратном сейсмoeлектрическом эффектах в осадочных породах при синусоидальном возбуждении // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1975. – № 7. – С. 117-121.

*Надійшла до редколегії 12.04.03*