



А. Ю. Сидорчук

Московский Университет.

В современных моделях эрозии связных грунтов, транспорта и аккумуляции почвенных агрегатов важное место должен занимать расчет скорости разрушения агрегатов в процессе переноса их потоком. Это явление можно исследовать как теоретически, так и экспериментально, остановимся на последнем методе. Так как наблюдение за разрушением агрегатов в натуральных условиях далеко не всегда возможно и результативно, было проведено лабораторное исследование этого процесса. Были отобраны образцы из горизонта А-АВ и из горизонта С лессовой почвы под многолетним пастбищем на сельскохозяйственной научной станции Баллантрэ (Новая Зеландия). После просушивания до воздушно-сухого состояния почва просеивалась, вначале вручную через сито с квадратными ячейками со стороной 4 мм, а затем автоматически через ротационное сито с круглыми ячейками диаметром 2 мм. Ротационное просеивание заканчивалось при признаках начала истирания почвенных агрегатов размером 2-4 мм.

Навеска 50 г воздушно - сухих агрегатов размером 2-4 мм помещалась в сито высотой 2.5 см с квадратными ячейками со стороной 2 мм, быстро замачивалась капиллярно снизу, и затем подвергалось осцилляционным движениям в погруженном состоянии в танке с водой. Одновременно в процессе находилось шесть сит. Осцилляции (с амплитудой 5 см и периодом 2 сек) сита с наносами в воде приводили к постепенному разрушению агрегатов и уменьшению их количества и веса на сите. Через некоторое время процесс осцилляционного движения прекращался, и сито извлекалось из воды. Оставшиеся наносы высушивались при температуре 105°C и взвешивались, в вес вводилась поправка на влажность воздушно-сухого состояния. Эксперимент повторялся с различным временем экспозиции агрегатов в воде – от 10 мин до 170 часов. Результатом было построение связи доли неразрушенных агрегатов P с продолжительностью T их осцилляционного движения в воде (Рис. 1а).

Исследования Вейбулла (Weibull, 1955) и Гнеденко (1957) показали, что вероятность отказа при работе различных устройств описывается функцией распределения

$$F(x) = 1 - \exp\{-(x-\Theta)/b\}^c \quad (1),$$

имеющей плотность распределения

$$f(x) = c/b[(x-\Theta)/b]^{c-1} \exp\{-(x-\Theta)/b\}^c \quad (2)$$

$$\Theta < x, b > 0, c > 0$$

Производная функция

$$R(x) = 1 - F(x) \quad (3)$$

называется функцией надежности, а функция

$$h(t) = f(t)/R(t) = [c*(x-\Theta)^{(c-1)}] / b^c \quad (4)$$

называется функцией риска.

Разрушение почвенного агрегата при его движении в воде (или, как в нашем случае, при движении воды вокруг агрегата) также является отказом. Тогда зависимость доли разрушенных агрегатов (сумма отказов) от времени может описываться распределением Вейбулла-Гнеденко (1), а доли неразрушенных агрегатов – формулой (4). Для проверки последней гипотезы строится связь между величинами $\ln(-\ln P)$ и T (Рис. 1б). Если эта связь удовлетворительно описывается прямой пропорциональной зависимостью, то гипотеза о применимости (1) – (4) для описания процесса разрушения почвенных агрегатов принимается.

Как видно из рисунка 1б, связь между $y = \ln(-\ln P)$ и $\ln T$ для агрегатов из материнского лесса описывается прямой пропорциональной зависимостью $y = 0.15 \ln T - 0.2$ с величиной

достоверности аппроксимации $R^2 = 0.88$. Для более водопрочных агрегатов из горизонта А-АВ эта связь описывается зависимостью $y = 0.54 \ln T - 5.84$ с $R^2 = 0.95$. Подобная

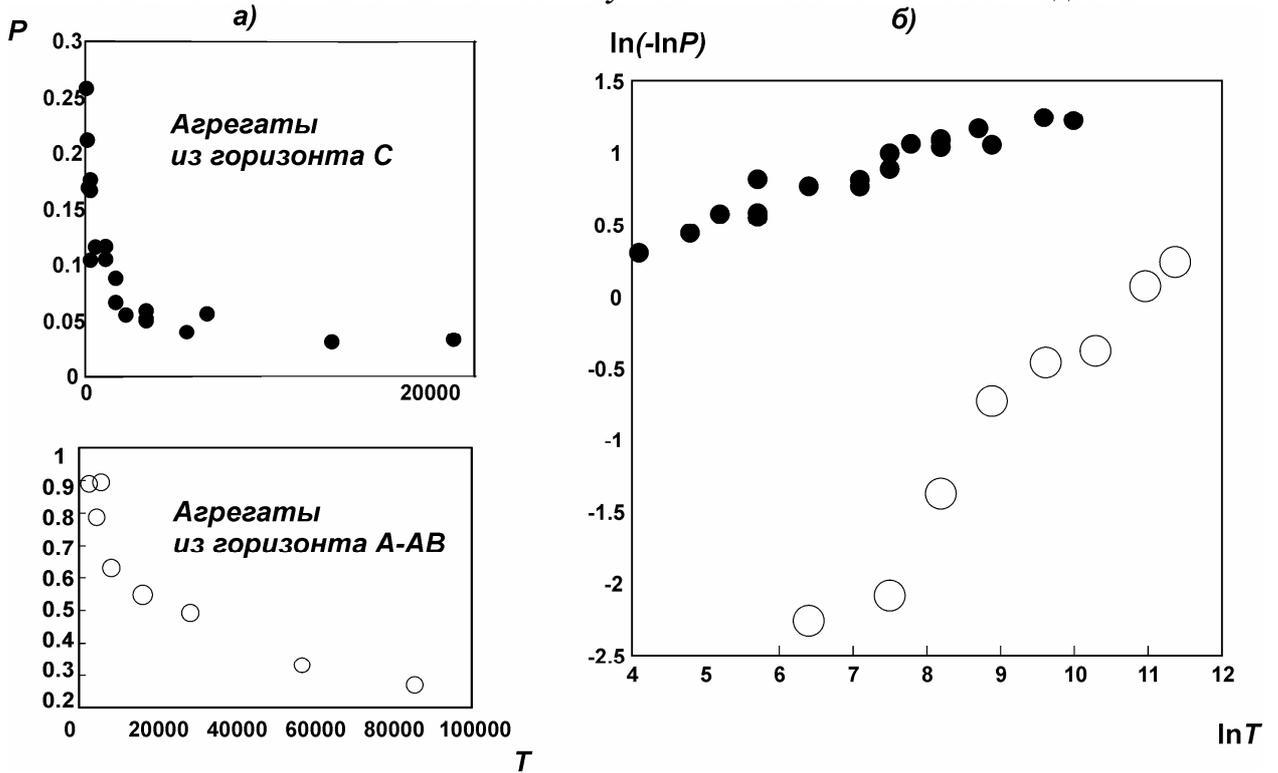


Рисунок 1. Изменение доли неразрушенных агрегатов P со временем T (сек) воздействия на них осциллирующего потока воды. Детали см. в тексте.

достоверность позволяет принять гипотезу о применимости распределения Вейбулла-Гнеденко для описания процесса разрушения почвенных агрегатов при их транспорте в потоке воды. При этом параметр положения $\theta=0$. Параметр формы c меньше 1, что означает более высокий риск отказов (разрушения агрегатов) на ранней стадии процесса. Эта тенденция сильнее выражена для агрегатов материнской породы (лесса), так как $c=0.15$ для горизонта С и $c=0.54$ для горизонта А-АВ. Параметр масштаба существенно меньше для материнской породы ($b=3.8$ для горизонта С и $b=51500$ для горизонта А-АВ), что определяется существенно меньшим характеристическим временем жизни для этих агрегатов.