

Скорости оседания частиц микропластика в морской среде

Е.Е. Есюкова, И.П. Чубаренко

институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, Атлантическое отделение

Микропластиком принято считать частицы пластика размером от 0.5 мм до 5 мм [1]. Они попадают в морскую среду как остатки производства (исходные пелеты, из которых изготавливаются все пластиковые изделия) или как результат разрушения (главным образом, в прибойной зоне моря) макропластика - упаковки, пластикового мусора и т.п. Быстро растущая озабоченность научного сообщества количеством и путями переноса микропластика в море связана с тем, что на его поверхности активно концентрируются химические вещества и токсины, причём сами частицы часто принимаются за еду птицами, рыбами, зоопланктоном – и таким путём способны не только нанести вред биологическим сообществам, но и подниматься по пищевой цепочке до человека. В настоящее время уже более чем достаточно экологических, биологических, биохимических доказательств опасности микропластика для окружающей среды – и вместе с тем практически отсутствуют исследования его физических свойств и особенностей поведения в стратифицированной и турбулентной морской среде.

Настоящая работа посвящена попыткам оценки скорости оседания частиц микропластика различного диаметра и избыточной плотности. Главная трудность заключается в том, что ни формула Стокса падения маленькой сферы в ламинарной среде ($Re < 1$), ни параметризации сопротивления тел в развитом турбулентном потоке ($Re > 10^3$) – в данном случае неприменимы: речь идёт о промежуточном режиме ($Re \sim (1 \div 50)$). Исследования же падения в жидкости мелких тел в промежуточном режиме концентрируются в основном на транспорте песка (плотность порядка 2.65 г/см^3) и донных осадков, которые имеют значительно большую плотность, чем пластик (до 1.6 г/см^3).

Для оценки скоростей оседания W_s частиц микропластика была использована формула, введенная в работе [2] на основании данных лабораторных экспериментов, охватывавших частицы различных форм и плотностей:

$$W_s = \frac{v}{d} d_*^3 \left[38.1 + 0.93 d_*^{12/7} \right]^{-7/8},$$

где ν – кинематическая вязкость воды, d – характерный размер частицы, d_* – её безразмерный диаметр, вычисляемый на основании собственно диаметра d , избыточной плотности частицы $(\rho - \rho_w) / \rho_w$ и ускорения свободного падения по формуле

$$d_* = \left(\frac{(\rho_0 - \rho_w) / \rho_w \cdot g}{\nu^2} \right)^{1/3} \cdot d .$$

Вычисления показали (рис. 1), что скорости оседания крупных частиц из наиболее плотных пластиков (например, полиоксиметилен – плотность до 1.61 г/см^3 , т.е. избыточная плотность в пресной воде – до 0.61 г/см^3) в однородной среде могут достигать 18 см/с .

Исследования проводятся при поддержке гранта РФФИ № 15-17-10020.

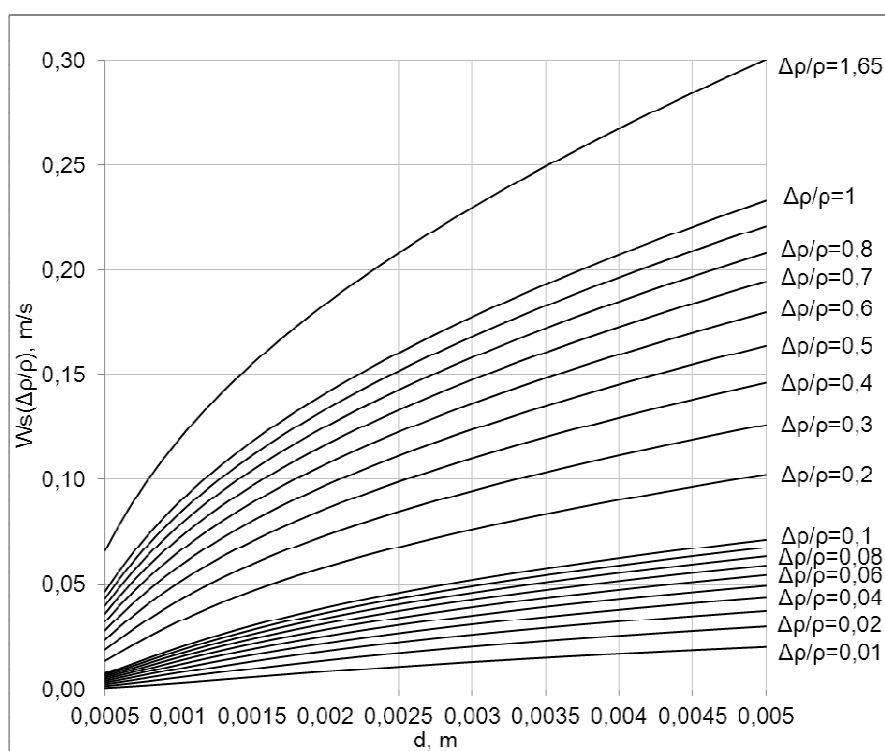


Рис. 1. Скорости оседания частиц микропластика различного диаметра и избыточной плотности

Литература:

1. Thompson, R. C. (2015). Microplastics in the marine environment: Sources, consequences and solutions. In: M. Bergmann, L. Gutow, M. Klages (Eds.) *Marine anthropogenic litter* (pp. 185–200). Berlin: Springer.
2. Zhiyao S., Tingting W., Fumin X., Ruijie L. A simple formula for predicting settling velocity of sediment particles. *Water Science and Engineering*, 2008, Vol. 1, No. 1, 37–43.