



## Спектры турбулентности, порождаемые сингулярностями

акад. РАН Евгений Александрович Кузнецов<sup>1</sup>  
и Е.А. Кочурин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва

<sup>2</sup> Институт электрофизики УрО РАН, Екатеринбург

В лекции рассматривается проблема спектров турбулентности, порождаемых сингулярностями, случайно расположенными в пространстве на линиях и плоскостях. Показано, что частотный спектр смещений поверхности жидкости, обусловленных белыми шапками (линейными сингулярностями), масштабируется как слаботурбулентный спектр Захарова–Филоненко:  $E(f) \sim f^{-4}$ , где  $f$  – частота. При этом соответствующий спектр, зависящий от волновых векторов, может быть сильно анизотропным с уменьшением максимума, как в спектре Филлипса. Однако в изотропной ситуации спектр заметно отличается от формы Филлипса. Для сильно анизотропной двумерной гидродинамической турбулентности скачки вихревой составляющей могут генерировать степенное распределение Крайчана в области максимального углового пика. Для изотропного распределения спектр турбулентности будет совпадать со спектром Саффмана. Для акустической турбулентности, генерируемых ансамблем случайно распределенных ударных волн, спектр имеет форму спектра Кадомцева–Петвиашвили  $E(k) \sim k^{-2}$  для всех пространственных размерностей.

Для проверки данной теории было проведено прямое численное моделирование турбулентности волн на глубокой воде в предположении потенциальности двумерных течений в рамках конформных переменных с учетом низкочастотной накачки и высокочастотного затухания вязкого типа. В данной модели для широкого диапазона амплитуд накачки нами не обнаружен режим слабой турбулентности, предсказанный ранее в работе [A.I. Dyachenko, Y.V. Lvov, V.E. Zakharov, Five-wave interaction on the surface of deep fluid. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 87, 233-261 (1995)]. Показано, что для типичных параметров турбулентности главными эффектами являются процессы опрокидывания волн, формирования на их гребнях каспов, которые вносят основной вклад в спектры турбулентности с зависимостью от частоты и волнового числа с одной и той же степенью, равной  $-4$ , в полном соответствии с теорией [1]. В этом сильно нелинейном режиме плотность вероятности крутизны волн при больших отклонениях имеет степенные хвосты, ответственные за перемежаемость турбулентности.

1. Е. А. Кузнецов, Спектры турбулентности, порождаемые сингулярностями. Письма ЖЭТФ, 80, 92-98 (2004).

2. Е.А. Кочурин, Е.А. Кузнецов. Эффекты сильной турбулентности для волн на воде. Письма ЖЭТФ, 122, 214 – 219 (2025).