

# КВАЗИУСТАНОВИВШИЕСЯ ВИХРЕВЫЕ СОСТОЯНИЯ КАК ДЕФОРМАЦИЯ КРИВОЙ КВАЗИКЛАССИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ РЕШЕНИЙ НЕЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА

А.Е. Кулагин<sup>1,2</sup>, А.В. Шаповалов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, Россия, 634050, Томск, пр. Ленина, 30,  
Телефон: (3822) 418913, E-mail: [kek8@tpu.ru](mailto:kek8@tpu.ru)

<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Россия, 634055, Томск, пл.  
Академика Зуева, 1.

<sup>3</sup>Томский государственный университет, Россия, 634050, Томск, пл. Новособорная, 1,  
Телефон: (3822) 529843, E-mail: [shpv@mail.tsu.ru](mailto:shpv@mail.tsu.ru)

Многие эффекты в нелинейных открытых квантовых системах могут быть эффективно описаны модельным нелинейным уравнением Шредингера (НУШ) с антиэрмитовыми членами [1]. К таким эффектам в неконсервативных системах относится и формирование вихревой решетки. Этапом такого процесса является образование квазиустановившихся вихревых состояний, которые соответствуют количеству квантованных вихрей меньше равновесного, но при этом характеризуются локальным термодинамическим равновесием.

Минимальной моделью формирования вихревых решеток является двумерное НУШ с антиэрмитовой частью и малым нарушением аксиальной симметрии. При этом малость асимметрии определяет малую скорость эволюции квазиустановившихся вихревых состояний. Было показано, что такие состояния имеют квазиклассическую природу. Для этого мы разработали метод [2] построения решений нелокального НУШ с антиэрмитовой частью, квазиклассически сосредоточенных на одномерных многообразиях, используя идею метода комплексного роста Маслова [3]. Его применение к модельному уравнению показало, что эволюция квазиустановившихся вихревых состояний определяется медленной деформацией взвешенной кривой квазиклассической локализации. Уравнения, описывающие такую деформацию, можно эффективно линеаризовать.

## Литература

1. Ashida Y., Gong Z., Ueda M. Non-hermitian physics // *Advanced in Physics*, Vol. 69, issue 3, 2020. p. 249-435.
2. Kulagin A.E., Shapovalov A.V. Semiclassical states localized on a one-dimensional manifold and governed by the nonlocal NLSE with an anti-Hermitian term // *arXiv:2508.04341*, 2025. p. 1-31.
3. Маслов В.П. Комплексный метод ВКБ в нелинейных уравнениях. – М.: Наука, 1977. 384 с.