

ДИНАМИКА СОЛИТОНОВ ОБОБЩЕННОГО УРАВНЕНИЯ NLS В НЕОДНОРОДНОЙ И НЕСТАЦИОНАРНОЙ СРЕДЕ: ЭВОЛЮЦИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Белашов В.Ю., Харшиладзе О.А., Белашова Е.С.

КФУ, г. Казань, Россия, vybelashov@yahoo.com

Обобщенное 3-мерное (3D) нелинейное уравнение Шредингера (3-GNLS) [1]

$$\partial_t u + i\gamma |u|^2 u - i\beta \partial_x^2 u + (\alpha/2)u = \sigma \int_{-\infty}^x \Delta_{\perp} u dx + f'$$

(где $\alpha, \beta, \gamma = \varphi(t, x, y, z)$, $f' = f'(t, x, y, z)$, и $(\alpha/2)u$ – диссипативный член, а u – огибающая волнового пакета) описывает динамику огибающей модулированных нелинейных волн и импульсов (волновых пакетов) в средах с дисперсией и имеет многочисленные важные приложения в физике плазмы (например, описывает распространение ленгмюровских волн в горячей плазме) и нелинейной оптике (распространение световых импульсов в кристаллах, оптоволокне и плоских оптических волноводах). Оно описывает также такие явления, как турбулентность, волновой коллапс и оптическая самофокусировка. Уравнение 3-GNLS используется и в других областях физики – таких, например, как теория сверхпроводимости и физика низких температур (в частности, обычное уравнение NLS есть упрощенная 1D форма уравнения Гинзбурга-Ландау, впервые введенного ими в 1950 г. при описании сверхпроводимости), гравитационные волны малой амплитуды на поверхности глубокой невязкой жидкости и др. Отметим, что 3-мерное уравнение 3-GNLS не является полностью интегрируемым, и его аналитические решения в общем случае не известны (за исключением, пожалуй, гладких решений типа уединенных волн). Однако, с использованием подходов, развитых в [2, 3] для других уравнений (GKP и 3-DNLS) системы ВК (Belashov-Karman system [2]), мы можем аналитически исследовать устойчивость возможных решений уравнения 3-GNLS, а динамику взаимодействия солитонов изучить численно. В настоящей работе и реализуется такой подход.

Аналитически получены условия устойчивости солитоноподобных решений уравнения GNLS и численно изучены случаи устойчивой и неустойчивой (с образованием бризеров) эволюции импульсов различной формы, а также взаимодействие 2- и 3-импульсных структур, приводящее к формированию устойчивых и неустойчивых решений.

Полученные результаты могут быть полезны в многочисленных приложениях в физике плазмы, нелинейной оптике и многих других областях физики.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров. Работа была поддержана Национальным научным фондом Грузии им. Шота Руставели (SRNF) (грант № FR17 252).

1. Belashov V.Yu., Kharshiladze O.A., Rogava J. // J. Astrophys. Aerosp. Tech. 2018. V. 6. P. 38.
2. Belashov V.Yu., Vladimirov S.V. Solitary Waves in Dispersive Complex Media. Theory, Simulation, Applications. Springer-Verlag. 2005. 303 p.
3. Belashov V.Yu., Belashova E.S., Kharshiladze O.A. // Adv. Space Res. 2018. V. 62. P. 65.