© Диденкулова (Шургалина) Е.Г., Слюняев А.В., Пелиновский Е.Н., 2019, Океанологические исследования, 2019, Том 47, № 1, С. 38–40

УДК 551.466.3 DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2019.47(1).10

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВУХМОДОВОЙ СИСТЕМЫ НЕРЕГУЛЯРНЫХ ВОЛН В РАМКАХ УРАВНЕНИЯ КОРТЕВЕГА-ДЕ ВРИЗА

Диденкулова (Шургалина) Е.Г., Слюняев А.В., Пелиновский Е.Н.

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, БОКС-120, *ул. Ульянова, 46, 603059, Россия, e-mail:* eshurgalina@mail.ru
Статья поступила в редакцию 25.12.2018, одобрена к печати 30.01.2019

Динамика волновых ансамблей на мелкой воде исследуется в рамках нелинейно-дисперсионного уравнения Кортевега-де Вриза (КдВ) с помощью численного моделирования. Рассмотрены двухмодовые системы волн, энергия которых распределена по двум спектральным областям: к центральному пику в спектре добавлен еще один, соответствующий системе более длинных или более коротких волн. Такая задача соответствует, например, взаимодействию между ветровыми волнами и зыбью на мелкой воде. Случай одномодальной системы, рассмотренный в (Pelinovsky, Sergeeva, 2006), добавлен для сравнения. Ограничения примененных допущений и связь идеализированной модели с реальными условиями в океане обсуждались в недавней статье (Wang et al., 2018).

В результате исследования динамики шести различных систем волн получены следующие результаты.

1. Переход волновых характеристик из начального состояния в квазиравновесное сопровождается их сильным изменением, когда волны проявляют наиболее экстремальные особенности. В частности, волновой эксцесс резко возрастает и появляются аномальные большие хвосты в функциях распределения вероятностей амплитуд волн. Эти процессы наблюдаются во всех случаях двухпиковых спектров и очень похожи на одномодовый режим. Наличие длинноволновой системы способствует сглаживанию сильных колебаний экстремумов волн, которые имеют место на переходной стадии.

2. Наличие коротковолновой системы делает волны в среднем более симметричными. Асимметрия достигает минимального значения по сравнению с другими случаями. Присутствие более коротких волн практически не изменяет эксцесс волнового поля и распределение высот волн.

3. Напротив, наличие длинноволновой системы делает волны более асимметричными и более экстремальными. Вероятность больших волн возрастает в бимодальных системах с низкочастотной составляющей.

4. Начальный волновой спектр расширяется в результате волнового взаимодействия и стремится к квазистационарному состоянию.

Можно ожидать, что сформулированные выводы применимы к другим родственным системам и соответствующим явлениям за пределами уравнения КдВ.

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект 18-77-00063).

Ключевые слова: двухмодовая система волн, численное моделирование, уравнение Кортевега-де Вриза, волны-убийцы, волновые спектры, статистические моменты

Литература

Pelinovsky E., Sergeeva A. Numerical modeling of the KdV random wave field // Eur. J. Mech. B/Fluids. 2006. Vol. 25. P. 425–434.

Wang J., Ma Q.W., Yan Sh., Qin H. Numerical study on the quantitative error of the Korteweg–de Vries equation for modelling random waves on large scale in shallow water // Eur. J. Mech. B/Fluids. 2018. Vol. 71. P. 92–102.

NUMERICAL SIMULATION OF IRREGULAR BIMODAL WAVE SYSTEM DYNAMICS WITHIN THE FRAMEWORK OF KORTEWEG-DE VRIES EQUATION

Didenkulova E.G. (Shurgalina), Slunyaev A.V., Pelinovsky E.N.

Institute of Applied Physics RAS, Nizhny Novgorod, 603059, Russia
e-mail: eshurgalina@mail.ru
Submitted 25.12.2018, accepted 30.01.2019

The dynamics of wave ensembles in shallow water is studied within the framework of the nonlinear dispersive Korteweg – de Vries (KdV) equation by numerical simulation. Bimodal wave systems whose energy is distributed over two spectral domains are considered: the “additional” lobe which corresponds to the system of longer or shorter waves is added to the “main” spectral peak. The concerned problem describes, for example, the interaction between wind waves and swell in shallow water. The case of the unimodal waves (considered in (Pelinovsky, Sergeeva, 2006) is used as the reference. The limitations of the implied assumptions and the relationship of the idealized model to the realistic conditions in the ocean were discussed in the recent paper (Wang et al, 2018).

Based on the detailed consideration of the 6 simulated cases, the following general conclusions may be formulated.

1. The transition from the initial state to the quasi-equilibrium one is accompanied by strong variations of the wave characteristics, when the waves exhibit the most extreme features. In particular, the wave kurtosis grows suddenly and the abnormal heavy tails in the wave amplitude probability distributions appear. These processes are observed in all the cases of the bimodal spectra and are quite similar to the single-mode regime. The co-existence of a long-wave system smoothens the rapid oscillations of the wave extremes and kurtosis which take place during the transition stage.

2. The presence of a short-wave system makes the waves on average more symmetric. Skewness attains the minimum value compared to the other cases. The co-existence of shorter waves practically does not change the wave kurtosis or the probability of the wave heights.

3. In contrast, the presence of a long-wave system makes the waves more asymmetric and more extreme. The probability of large waves increases in the bimodal systems with a low-frequency component.

4. The initial wave spectrum expands as a result of the wave interaction and tends to a quasistationary state.

One may anticipate that the formulated conclusions are applicable beyond the limits of the Korteweg-de Vries equation to other kindred frameworks and corresponding phenomena.

This work was supported by the Russian Science Foundation (project No. 18-77-00063).

Keywords: bimodal wave system, numerical simulation, KdV equation, rogue waves, wave spectra, statistical moments

References

Pelinovsky E. and Sergeeva A. Numerical modeling of the KdV random wave field. *Eur. J. Mech. B/Fluids,* 2006, Vol. 25, pp. 425–434.

Wang J., Ma Q.W., Yan Sh., and Qin H. Numerical study on the quantitative error of the Korteweg-de Vries equation for modelling random waves on large scale in shallow water. *Eur. J. Mech. B/Fluids,* 2018, Vol. 71, pp. 92–102.