

## КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ГЕОСРЕДАХ

Казанков В. К. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д.ф.-м. н., доцент Холодова С. Е.  
(Университет ИТМО)

**Введение.** Динамические процессы являются неотъемлемой частью физического мира. Их математические модели широко используются как в теоретических исследованиях, так и при внедрении передовых технологий в производство. Несмотря на особенности предметных областей, классическим способом описания динамики в системе является использование аппарата дифференциальных уравнений. Каждая динамическая система состоит из некоторых объектов, их состояний и временного потока.

Существует феномен, который до недавнего времени считался особенностью исключительно гидродинамических систем, но оказалось, что первопричина его возникновения заключена в структуре динамики самой системы. Явление называется – Волна-убийца [1, 2], возникает оно, как правило в системах с нелинейной динамикой. Совсем недавно были проведены натурные эксперименты, позволившие впервые сгенерировать волну-убийцу в бассейне при пересечении пары волн под определенными углами [3]. Особенность волн-убийц заключена во внезапности их появления и огромных размерах. Непредсказуемость их появления связана также с тем, что жизненный цикл волны-убийцы представляет из себя периодическое чередование увеличения и уменьшения амплитуды. Феноменологически наблюдение волн-убийц крупного размера может быть связано в свою очередь с тем, что природа таких волн связана с совокупной энергией всех волн выделенной сплошной среды.

Однако появление волн-убийц возможно не только в жидких средах, описываемых классической гидродинамикой, но и в различных квантово-механических процессах, постоянных относительно запаса энергии системы. На данный момент существует несколько направлений исследования волн-убийц: изучение уравнений математической физики вместе со структурой их решения, а также прогнозирование возникновения волн-убийц. Исследование решений обобщенного уравнения Хироты показало наличие волн-убийц [4, 5].

Для структуризации знаний о волнах-убийцах был разработан аппарат, обобщающий понятие динамической системы, в котором удалось сформулировать необходимые условия существования волн-убийц [6]. В работе сформулирована гипотеза о периодичности возникновения волн-убийц, что согласуется с результатами [7]. Возникает необходимость в формировании ключевых критериев прогнозирования возникновения волн-убийц, с учетом возможной периодичности их возникновения. Не меньший интерес представляет взаимосвязь статистических показателей амплитуд среди волн и их взаимосвязью друг с другом.

**Основная часть.** В настоящей работе предлагается в подтверждение применимости теории о волнах-убийцах рассмотреть динамическую систему, не подчиняющуюся в явном виде гидродинамическим законам. Ожидается, что в рамках таких входных условий возможно найти динамические системы, в которых легко выделяются структурные компоненты, необходимые для описания волн-убийц. В качестве инструмента исследования предлагается прогностическая модель, позволяющая при помощи ретроспективного анализа представить возможность появления волн-убийц в текущей системе. С точки зрения методов математического моделирования будет предложен класс или классы функций, имеющие ряд характеристик, достаточных для описания настоящей модели.

**Выводы.** Построенный математический аппарат, позволяющий рассматривать произвольную динамическую систему через взаимодействие объектов, и их обмен энергией представляет возможность доказательства существования для некоторых дифференциальных операторов особого нелинейного эффекта, возникающего в сплошной среде, называемого волнами-убийцами. Особенность построения модели способствует распространить методологию обработки временных рядов на любую динамическую систему и прогнозировать возможность возникновения в ней аномальных явлений.

**Список использованных источников:**

1. Куркин, А.А. Волны-убийцы: факты, теория и моделирование / А.А. Куркин, Е.Н. Пелиновский. – 2-е изд. – Москва; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 178 с. ISBN 978-5-4475-5883- 3.
2. Stephane Brule, Stefan Enoch, Sebastien Guenneau.: On the possibility of seismic rogue waves in very soft soils. Geophysics (physics.geo-ph); Pattern Formation and Solitons (nlin.PS); Computational Physics (physics.comp-ph); Fluid Dynamics (physics.flu-dyn)
3. McAllister M. L., Draycott S., Adcock T. A. A., Taylor P. H., van den Bremer T. S.: Laboratory recreation of the Draupner wave and the role of breaking in crossing seas. J. Fluid Mech. (2019), vol. 860, pp. 767–786. c Cambridge University Press 2018
4. Liu, J.G., Zhu, W.H.: Multiple rogue wave solutions for (2+1)-dimensional Boussinesq equation. Chin. J. Phys. 67, 492–500 (2020)
5. Liu J. G., Zhu W. H. Multiple rogue wave, breather wave and interaction solutions of a generalized (3+ 1)-dimensional variable-coefficient nonlinear wave equation //Nonlinear Dynamics. – 2021. – Т. 103. – №. 2. – С. 1841-1850.
6. Kazankov V., Kholodova S.E., Peregudin S.I. Mathematical Modelling of Anomalous Dynamic Processes in Geomedia // Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences - 2022, pp. 63-74
7. Peng W. Q., Pu J. C., Chen Y. PINN deep learning method for the Chen–Lee–Liu equation: Rogue wave on the periodic background //Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. – 2022. – Т. 105. – С. 106067.
8. Kharif C., Pelinovsky E., Slunyaev A.: Rogue waves in the ocean. Berlin: Springer, 2009. 216 pp.

Казанков В.К. (автор)

Подпись

Холодова С.Е. (научный руководитель)

Подпись