

УДК 004.942

СОЗДАНИЕ ОПЕРАТИВНЫХ ЦИФРОВЫХ 3D-КАРТ ОЦЕНКИ РИСКА НА ОСНОВЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В АКВАТОРИИ ПОРТА

Е. П. Истомин, И. А. Мартын, Я. А. Петров, Е. С. Новожилова

Российский государственный гидрометеорологический университет, ул. Воронежская, 79, 192007, г. Санкт-Петербург, Россия, irma_martyn@mail.ru

Исследована проблема создания оперативных цифровых карт оценки риска наступления опасного явления на основе превышения заданного параметра ветровых волн на акватории порта. Цифровые карты представлены в формате 3D-карт для анализа в трехмерном пространстве. Апробация модели проводилась на акватории порта бухта Пяти Охотников и успешно прошла верификацию.

Ключевые слова: оценка рисков; картография; 3D-моделирование; ветровое волнение.

CREATION OF OPERATIONAL DIGITAL 3D RISK ASSESSMENT MAPS BASED ON HYDROMETEOROLOGICAL FACTORS IN THE PORT AREA

E. P. Istomin, I. A. Martyn, Ya. A. Petrov, E. S. Novozhilova

Russian State Hydrometeorological University, 79 Voronezhskaya str., 192007, St. Petersburg, Russia, irma_martyn@mail.ru

The problem of creating operational digital maps of the risk assessment of the occurrence of a dangerous phenomenon based on exceeding a given parameter of wind waves in the water area of the port is investigated. Digital maps are presented in the format of 3D maps for analysis in three-dimensional space. The model was tested in the waters of the port of Five Hunters Bay and successfully verified.

Keywords: risk assessment; cartography; 3D modeling; wind waves.

В работе используется, разработанная авторами, нестационарная двухмерная гидростатическая модель распространения волнения на замкнутой прибрежной акватории, в среде разработки Borland Delphi 7. При разработке модели вводится допущение, что море конечной глубины, т. е. глубина моря сопоставляется с длиной волны, параметр $kH \approx 1$. Модель, содержит уравнения движения и неразрывности, в которых учитывается возможная не гидростатичность динамики ветровых волн

$$\begin{aligned}\frac{du}{dt} &= -g \frac{dz}{dx} \\ \frac{d\vartheta}{dt} &= -g \frac{dz}{dy} \\ \frac{du}{dx} + \frac{d\vartheta}{dy} &= -\frac{k}{th(kh)} \frac{dz}{dt},\end{aligned}$$

где u, w – горизонтальная и вертикальная составляющая скорости; t – время; x, z – горизонтальные и вертикальные координаты; ρ – стандартная плотность воды; g – ускорение силы тяжести; k – волновое число.

Граничные условия для твердых боковых границ устанавливаются в виде условия непротекания:

$$(U \cdot n) = 0,$$

где U – вектор скорости; n – нормаль к боковой границе.

На жидкой боковой границе задается условие пропускания, заданное с помощью импедансного соотношения:

$$u = \frac{g}{c} z,$$

где c – фазовая скорость.

На поверхности $z=0$ задается отсутствие касательного напряжения трения ветра, на дне задается условие прилипания для горизонтальных составляющих скорости.

В качестве апробации гидродинамической модели разработана программа на ЭВМ в среде разработки Borland Delphi 7 на языке программирования Delphi для порта бухта Пяти Охотников Японского моря при штормовом ветре южного направления на период расчета 24 часа. Исходные данные массива глубин предоставлены непосредственно службами порта, как результат гидроакустической съемки. Данные представлены для прямоугольной сетки размерами 420x400 узлов с пространственным разрешением по вертикали 2 м и 1 м по горизонтали. Выбор метеорологических характеристик (параметров ветра) проводился с региональных баз Гидрометцентра России.

В результате анализа методик оценки риска разрабатывается методика оценки риска с возможностью расчета математического ожидания времени наступления опасного явления для замкнутой прибрежной акватории на основе двухпараметрической вероятностной модели при известных начальных значениях параметров (рис. 1).

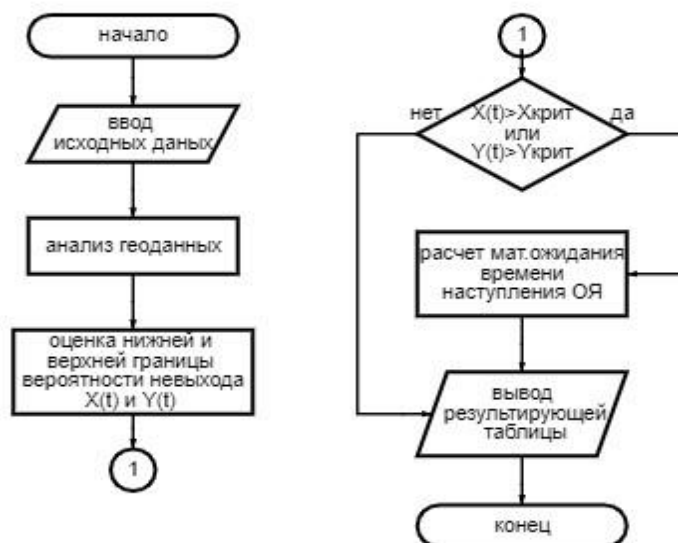


Рис. 1. Методика обеспечения безопасности деятельности морских объектов на замкнутых прибрежных акваториях

По расчетам под влиянием конфигурации рельефа дна и заданных характеристик ветра представлены карты пространственно-временного распределения высоты волн, скорости распространения волнения (рис. 2) и максимальной амплитуды высоты поверхности.

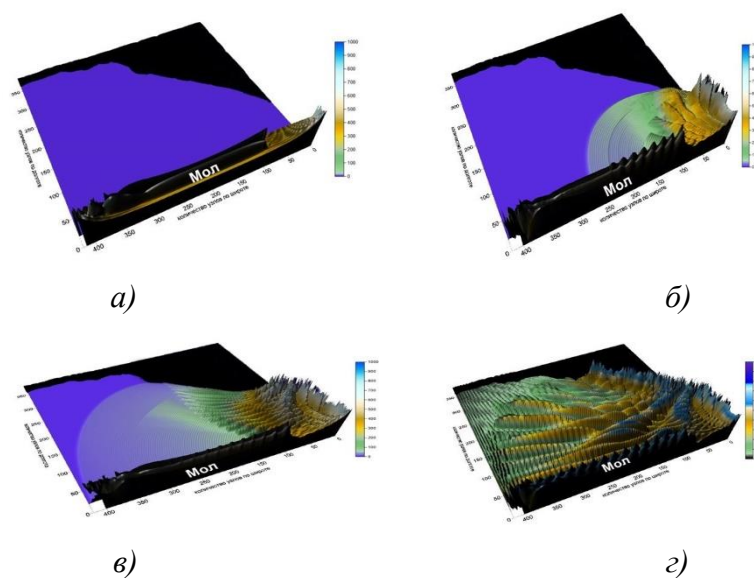


Рис. 2. Распределение возмущения уровня (мм) спустя: а) – 1 минуту; б) – 6 минут; в) – 12 минут; з) – 30 минут

Результаты, полученные по модели, не противоречат физическим законам. Верификация модели по натурным данным показала адекватность модели при уровне значимости 95 %, что говорит о возможности практического применения данной модели, а полученный характер динамических процессов может быть использован при дальнейшем освоении порта и оперативном гидрометеорологическом и геоинформационном обеспечении.

Библиографические ссылки

1. Мартын И. А. Моделирование волновых процессов на замкнутых акваториях мелководных районов / Истомин Е. П., Михеев В. Л., Петров Я. А. // Геоинформатика. 2021. № 3. С. 30-35.
2. Мартын И. А. Геомоделирование предельного усиления цуга волн при выходе на шельф / Истомин Е. П., Михеев В. Л., Петров Я. А. // Информация и космос. 2021. № 3. С.78-85.
3. Истомин Е. П., Петров Я. А., Мартын И. А. Моделирование поля течений и уровня моря с применением программного комплекса Cardinal // Геоинформатика. 2023. № 2. С. 26-31.
4. Sidorenko A., Petrov Y., Istomin E., Stepanov S., Martyn I. GIS conceptual model as a modern tool in the Arctic navigation // В сборнике: International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia - 2021. Switzerland, 2022. С. 1273-1280.