

УДК 551.466

## ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ВОЛНЫ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЁРНОГО МОРЯ

© 2007 г. Б.В. Дивинский<sup>1</sup>, О.В. Пушкарёв<sup>1</sup>

Использование морских путей, судостроение, гидротехническое строительство, планирование и производство морских работ, изучение гидродинамических процессов и структуры вод моря требуют сведений о режиме ветрового волнения. Необходимые климатические характеристики делятся на две части: оперативные, отражающие события частой повторяемости, и экстремальные, возможные раз в заданное число лет. Наибольший интерес представляет изучение разрушительного по своей природе экстремального волнения.

При проектировании морских гидротехнических сооружений определение характеристик экстремальных высот волн имеет первостепенное значение. От выбора проектных значений высот волн зависит как объем, так и стоимость строительства. Занижение оценок максимальных высот волн может сказаться на сроках жизни морских сооружений и безопасности их эксплуатации. В настоящей работе максимальные высоты волн, возможные один раз в заданный временной промежуток, оцениваются на основе прямых инструментальных наблюдений за параметрами ветрового волнения в северо-восточной части моря.

### ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

С 1996 по 2003 гг. в открытом море в районе г. Геленджика действовал волноизмерительный буй “Directional Waverider Buoy” [1], изготовленный нидерландской фирмой “Дейтавелл” (“DATAWELL”). Буй предназначен для непосредственного измерения параметров волнения, включая направление распространения, первичную обработку и передачу накопленного материала на береговое приемное устройство. Координаты точки установки 44°30',40 с.ш., 37°58',70 в.д., глубина места 85 м. Передача данных с буя на приемное береговое устройство осуществлялась по радиоканалу каждые три часа, при превышении значительной высоты волны уровня в 1,5 м – каждый час. Накопленный массив экспериментальных данных составляет порядка 15 тыс. волнограмм.

<sup>1</sup> Южное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, Геленджик.

### ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛНЕНИЯ

#### *Литературные данные*

Высоты волн малой обеспеченности для северо-восточной части Черного моря анализировались в нескольких пособиях и исследовательских работах.

Первым систематизированным пособием по режиму ветра и волнения Черного моря явился выпущенный в 1969 г. “Атлас волнения и ветра Черного моря” [2]. Согласно приведенным в Атласе расчетам, максимальные высоты волн обеспеченностью 5% в северо-восточной части Черного моря могут достигать 11 м.

Регистром СССР выпущен справочник “Ветер и волны в океанах и морях” [3]. Расчеты в нем выполнены в основном по материалам судовых визуальных наблюдений за волнением. Вследствие общих недостатков визуальных наблюдений за волнением статистические характеристики высот волн для большинства районов Черного моря получились практически одинаковыми. По данным, помещенным в [3], высота ветровых волн 3%-ной обеспеченности, возможная один раз в 50 лет для данного региона, может превышать 12 м, а период – более 10 с.

Ветроволновой режим Черного моря довольно подробно освещен в проекте “Моря СССР” [4]. Расчет режимных характеристик ветровых волн производился в каждом районе для глубоководной части моря с использованием Атласа типизированных полей ветра [5], составленных по синоптическому архиву карт за 10-летний период (1971–1980). Согласно [5], средняя высота волн для северо-восточной части Черного

Таблица 1. Типы используемых распределений

| Распределение     | Кол-во параметров | Плотность вероятности $f(x)$                                                                                                                          | Функция распределения $F(x)$                                                                                              |
|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Обобщенное Парето | 3                 | $\frac{1}{\sigma} \left(1 + k \frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-1-1/k}, k \neq 0$<br>$\frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right), k = 0$ | $1 - \left(1 + k \frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-1/k}, k \neq 0$<br>$1 - \exp\left(-\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right), k = 0$ |
| Экспоненциальное  | 2                 | $\frac{1}{\beta} \exp\left(-\frac{(x-\gamma)}{\beta}\right)$                                                                                          | $1 - \exp\left(-\frac{x-\gamma}{\beta}\right)$                                                                            |
| Вейбулла          | 3                 | $\frac{\alpha}{\beta} \left(-\frac{(x-\gamma)}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left(-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right)$               | $1 - \exp\left(-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right)$                                                      |
| Логнормальное     | 3                 | $\frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-\gamma)-\mu}{\sigma}\right)^2\right)}{(x-\gamma)\sigma\sqrt{2\pi}}$                                    | $\Phi\left(\frac{\ln(x-\gamma)-\mu}{\sigma}\right)$                                                                       |

моря, возможная один раз в 50 лет, равна 3,9 м (период 9,4 с).

В работе Г.В. Ржеплинского и Л.Н. Назаретского [6] характеристика режима волнения приведена для всей глубоководной прибрежной акватории моря от Батуми до Новороссийска. Выполнены расчеты максимальных значений волн, возможных один раз в 1, 5, 10, 20, 30, 50 лет. Согласно этой работе, средняя высота волны, возможная один раз в 50 лет, в прибрежной глубоководной части Кавказского побережья Черного моря составляет 4,9 м (период 10,0 с), а максимальная высота волны 15,6 м.

Матушевский [7] на основе предложенной функции распределения высот волн в нестационарной выборке исследует максимальные значения высот волн. Для северо-восточной части Черного моря в зимний сезон максимальная высота оценена в 11,4 м.

Различие схем оценок волн редкой повторяемости приводит к существенно разным результатам. Отсутствие до недавнего времени на Черном море программы постоянного волнового мониторинга не позволяло оценить справедливость расчетов и выводов. Немногочисленные проводившиеся наблюдения носят эпизодический характер.

*Оценки максимальных высот волн по экспериментальным данным*

Режимные функции распределения максимальных высот исследовались многими авторами. Непригодность симметричных распределе-

ний, таких как нормальное, была продемонстрирована Баттжесом [8]. Асимметричные распределения лучше аппроксимируют режимные функции распределения максимальных высот волн и применялись при анализе экстремальных волн в различных акваториях (Teng, Palao, 1996 – Тихий и Атлантический океаны [9]; Goda, Kobune, 1990 – Японское и Восточно-Китайское моря [10]; Rossouw, 1990 – Индийский океан [11]; Van Vledder, 1993 – побережье Норвегии [12]; Burcharth, Liu, 1994 – Средиземное море [13]).

Располагая массивом наблюдений за высотами волн, необходимо установить тип распределения максимальных высот для дальнейшего экстраполяции в область малых обеспеченностей. В настоящем исследовании использовали четыре типа распределений (табл. 1).

Параметры приведенных распределений:  $\alpha$ ,  $k$  – форма,  $\beta$  – масштаб,  $\gamma$  – сдвиг,  $\sigma$  – стандартное отклонение,  $\mu$  – среднее значение. Параметры распределений оценивали методами моментов. Для анализа соответствия экспериментальных кривых распределения выбранным функциям распределения определяли критерии согласия: Колмогорова–Смирнова (КС), Андерсона–Дарлинга (АД) и  $\chi^2$ .

Из экспериментальных данных сформировано пять рядов максимальных высот волн, соответствующих заданному пороговому уровню. Выбор порогового уровня определяет объем выборки и сказывается на чувствительности распределений. Каждый шторм представлялся од-

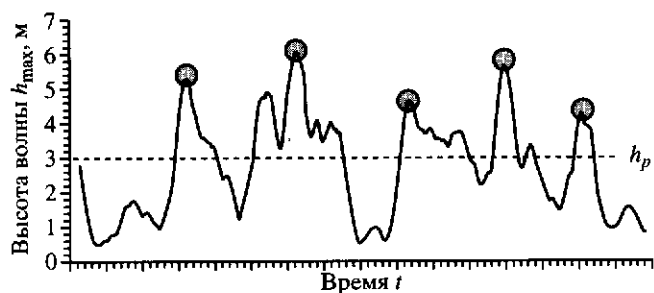


Рис. 1. Формирование ряда максимальных высот волн при заданном пороговом уровне  $h_p$



Рис. 2. Оценка максимальной высоты волны, возможной один раз в  $T$  лет, при разных пороговых уровнях. Экспоненциальное распределение

ним значением максимальной высоты волны (рис. 1).

Результаты аппроксимации экспериментальных функций распределения теоретическими при уровне значимости 95% приведены в таблице 2 (пороговый уровень  $h_p = 3,0$  м). Жирным шрифтом выделены значения критериев, при которых принимается нулевая гипотеза о соответствии экспериментальных и теоретических функций распределения. Наилучшим образом исходные данные аппроксимируют распределения Парето и экспоненциальное.

Оценка максимальных высот волн, возможных один раз в заданное число лет, проводилась методом выхода за уровень (Peak Over Threshold, POT) [12], для применения которого достаточны

характеристики ряда наиболее сильных штормов за максимально возможный промежуток времени (годы–десятилетия). Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Выбор аппроксимирующей функции распределения и порогового уровня сильно сказывается на оценках максимальной высоты волны. Как видно из таблицы 3, с увеличением  $T$  растет разброс значений максимальных высот волн в зависимости от выбора аппроксимативного распределения. В качестве оценочных можно принять значения при экспоненциальной аппроксимирующей функции.

На примере экспоненциального распределения рассмотрим влияние значения порогового уровня на оценку максимальной высоты волны, возможной один раз в  $T$  лет (рис. 2).

С увеличением порогового уровня снижается оценка максимальных высот волн, возможных один раз в  $T$  лет, причем если при  $T = 2$  года снижение незначительно и оценка вполне устойчива, то для  $T = 50$  лет занижение составляет порядка 0,6 м при  $h_p = 4,5$  м.

#### Экстремальные шторма

Максимальная зарегистрированная высота волны за все время эксперимента составила 12,43 м при западном направлении волнения [14]. В таблице 4 сведены данные по наиболее сильным штормовым ситуациям за весь период наблюдений.

Для рассматриваемого района наиболее волноопасными являются ветра западных и юго-западных румбов. Именно ветровой поток этих направлений при сочетании различных динамических условий (интенсивность, продолжительность действия, разгон) благоприятствует развитию в северо-восточной части Черного моря значительного волнения. Кроме того, локальные северо-восточные ветры (бора) способствуют образованию коротких, но сильных штормов с высотами волн порядка 2–2,5 м. Из-за ограниченного разгона высоты волн в них ниже, чем

Таблица 2. Сравнение экспериментальных и теоретических функций распределения

| Тест     | Распределение  |                |                |                | Критическое значение |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|
|          | Парето         | экспоненц.     | Вейбулла       | логнормальное  |                      |
| КС       | <b>0,07303</b> | <b>0,07761</b> | <b>0,07856</b> | <b>0,09659</b> | 0,12126              |
| АД       | <b>0,50172</b> | <b>2,43930</b> | 12,26700       | <b>1,22010</b> | 2,50180              |
| $\chi^2$ | <b>3,87530</b> | <b>6,86330</b> | <b>2,23940</b> | 15,14200       | 12,59200             |

**Таблица 3.** Оценки максимальных высот волн, возможных один раз в  $T$  лет при разных аппроксимирующих функциях распределения и пороговых уровнях

| Период повторяемости $T$ , годы | Распределение |                  |          |               |
|---------------------------------|---------------|------------------|----------|---------------|
|                                 | Парето        | экспоненциальное | Вейбулла | логнормальное |
| $h_p = 3,0$ м                   |               |                  |          |               |
| 2                               | 8,839         | 8,858            | 8,817    | 8,585         |
| 5                               | 10,427        | 10,852           | 10,580   | 10,572        |
| 10                              | 11,379        | 12,173           | 11,716   | 12,008        |
| 25                              | 12,487        | 13,841           | 13,121   | 13,983        |
| 50                              | 13,248        | 15,079           | 14,146   | 15,578        |
| $h_p = 3,5$ м                   |               |                  |          |               |
| 2                               | 8,844         | 8,808            | 8,781    | 8,540         |
| 5                               | 10,429        | 10,751           | 10,487   | 10,473        |
| 10                              | 11,381        | 12,037           | 11,581   | 11,885        |
| 25                              | 12,491        | 13,662           | 12,933   | 13,849        |
| 50                              | 13,256        | 14,867           | 13,917   | 15,454        |
| $h_p = 4,0$ м                   |               |                  |          |               |
| 2                               | 8,769         | 8,700            | 8,736    | 8,408         |
| 5                               | 10,369        | 10,575           | 10,536   | 10,288        |
| 10                              | 11,343        | 11,816           | 11,709   | 11,689        |
| 25                              | 12,492        | 13,384           | 13,175   | 13,677        |
| 50                              | 13,296        | 14,548           | 14,252   | 15,333        |
| $h_p = 4,5$ м                   |               |                  |          |               |
| 2                               | 8,811         | 8,716            | 8,612    | 8,376         |
| 5                               | 10,399        | 10,532           | 10,467   | 10,168        |
| 10                              | 11,368        | 11,734           | 11,746   | 11,535        |
| 25                              | 12,517        | 13,253           | 13,418   | 13,517        |
| 50                              | 13,325        | 14,380           | 14,700   | 15,206        |
| $h_p = 5,0$ м                   |               |                  |          |               |
| 2                               | 8,767         | 8,643            | 8,527    | 8,318         |
| 5                               | 10,360        | 10,459           | 10,371   | 10,059        |
| 10                              | 11,321        | 11,661           | 11,647   | 11,386        |
| 25                              | 12,451        | 13,180           | 13,326   | 13,314        |
| 50                              | 13,239        | 14,307           | 14,618   | 14,959        |

при штормах западных и южных румбов, однако в сочетании с другими неблагоприятными факторами (значительное понижение температуры в зимнее время, например) такие шторма представляют определенную угрозу плавательным средствам и морским коммуникациям.

### ВЫВОДЫ

1. Промышленное и курортное развитие черноморского бассейна требует качественного гидрометеорологического обоснования проектов, особенно по сценариям экологического мониторинга. Одним из наиболее важных случаев

является рассмотрение возможных экстремальных ситуаций.

2. Для описания волнового климата Черного моря в целом и расчета экстремальных характеристик ветрового волнения в частности необходим продолжительный качественный натурный материал.

3. Использование большинства известных методов определения высот волн малой обеспеченности пока ограничено недостаточной длиной выборки.

4. В идеале важной задачей волнового мониторинга была бы постановка эксперимента в нескольких точках акватории с целью изучения

Таблица 4. Характеристика наиболее сильных штормов по данным наблюдений 1996–2003 г.

| №  | Дата |       |       | Макс. значение, м |           | Продолж. шторма S, часы | Направление волнения (откуда), градусы |
|----|------|-------|-------|-------------------|-----------|-------------------------|----------------------------------------|
|    | год  | месяц | день  | $h_{\max}$        | $h_{1/3}$ |                         |                                        |
| 1  | 1996 | 09    | 15    | 5,60              | 3,21      | 3                       | 260                                    |
| 2  | 1996 | 10    | 23    | 5,58              | 3,11      | 4                       | 240                                    |
| 3  | 1996 | 11    | 22    | 6,14              | 3,88      | 7                       | 239                                    |
| 4  | 1996 | 12    | 18    | 5,67              | 3,37      | 4                       | 157                                    |
| 5  | 1996 | 12    | 29/30 | 8,18              | 4,32      | 15                      | 234                                    |
| 6  | 1997 | 01    | 28/29 | 8,06              | 4,29      | 19                      | 259                                    |
| 7  | 1997 | 01/02 | 31/01 | 8,24              | 4,23      | 11                      | 231                                    |
| 8  | 1997 | 02    | 15    | 8,83              | 4,79      | 14                      | 267                                    |
| 9  | 1997 | 03    | 20    | 6,77              | 3,98      | 8                       | 158                                    |
| 10 | 1997 | 04    | 11/12 | 8,23              | 5,45      | 23                      | 164                                    |
| 11 | 1997 | 04    | 15/16 | 5,79              | 3,11      | 6                       | 227                                    |
| 12 | 1997 | 11    | 20    | 6,10              | 3,76      | 4                       | 248                                    |
| 13 | 1997 | 12    | 05    | 7,48              | 4,20      | 17                      | 252                                    |
| 14 | 1998 | 01    | 07    | 6,06              | 3,25      | 3                       | 272                                    |
| 15 | 1998 | 02    | 01    | 6,08              | 3,36      | 4                       | 269                                    |
| 16 | 1998 | 02    | 15    | 7,05              | 4,43      | 10                      | 257                                    |
| 17 | 1998 | 02    | 17    | 7,03              | 3,94      | 8                       | 154                                    |
| 18 | 1998 | 03    | 11/12 | 5,82              | 3,44      | 10                      | 244                                    |
| 19 | 1998 | 03    | 14    | 5,21              | 3,29      | 4                       | 176                                    |
| 20 | 1998 | 03    | 23    | 5,92              | 3,26      | 3                       | 219                                    |
| 21 | 2000 | 01    | 10    | 5,87              | 3,67      | 6                       | 271                                    |
| 22 | 2000 | 06    | 21/22 | 5,03              | 3,04      | 2                       | 164                                    |
| 23 | 2000 | 12    | 17    | 6,13              | 3,65      | 6                       | 280                                    |
| 24 | 2001 | 06    | 05/06 | 5,95              | 3,75      | 24                      | 256                                    |
| 25 | 2001 | 10    | 24    | 5,92              | 3,48      | 5                       | 240                                    |
| 26 | 2001 | 11    | 13    | 5,81              | 3,06      | 2                       | 161                                    |
| 27 | 2001 | 11    | 22    | 6,07              | 3,55      | 6                       | 255                                    |
| 28 | 2003 | 01    | 08/09 | 5,46              | 3,34      | 5                       | 277                                    |
| 29 | 2003 | 01    | 15    | 5,61              | 3,07      | 9                       | 273                                    |
| 30 | 2003 | 02    | 01    | 12,43             | 7,42      | 14                      | 266                                    |
| 31 | 2003 | 02    | 08/09 | 7,09              | 3,47      | 9                       | 223                                    |
| 32 | 2003 | 04    | 06    | 7,83              | 4,69      | 10                      | 245                                    |

пространственно-временных параметров морского волнения в областях зарождения и распространения штормовых волн.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант № 06-05-64375), а также гранта Президента РФ (НШ-8671.2006.5).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kos'yan R.D., Divinsky B.V., Pushkarev O.V. Measurements of parameters of wave processes in the open sea near Gelendzhik // The Eight Workshop of NATO TU-WAVES/Black Sea. METU. Ankara, Turkey. 17–18 Apr. 1998. P. 5–6.
2. Атлас волнения и ветра Черного моря / Ред. Г.В. Ржеплинский. Л.: Гидрометеониздат, 1969. С. 111.
3. Регистр СССР. Ветер и волны в океанах и морях. Справочные данные / Ред. И.Н. Давидан, Л.И. Лопатухин, В.А. Рожков. Л.: Транспорт, 1974. 359 с.
4. Проект “Моря СССР”. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том IV: Черное море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия. Л.: Гидрометеониздат, 1991. С. 429.
5. Типовые поля ветра и волнения Черного моря / Ред. Э.Г. Альтман и Г.В. Матушевский. Севастополь: СО ГОИН, 1987. С. 116.
6. Ржеплинский Г.В., Назаретский Л.Н. Расчет режима волнения шельфовых акваторий на примере Черного моря // Метеорология и гидрология. 1974. № 1. С. 63–68.
7. Матушевский Г.В. Расчет максимальных высот ветровых волн в океанах и морях // Метеорология и гидрология. 1978. № 5. С. 63–69.
8. Battjes J.A. Long-term wave height distributions at seven stations around the British isles // NIO Report, 1970. № 44. National Institute of Oceanography, UK.
9. Teng C.-C. and Palao I.M. Wave height and period distributions from long-term wave measurement // Coastal Engineering. 1996. P. 368–379.
10. Goda Y. and Kobune K. Distribution Function Fitting for Storm Wave Data // Proceedings of the International

- Conference on Coastal Engineering. 1990. Delft, the Netherlands.
11. *Rossouw J.* Design waves and their probability density functions // *Coastal Engineering*. 1988. P. 822–834.
  12. *Van Vledder G., Goda Y., Hawkes P., Mansard E., Martin M.J., Mathiesen M., Peltier E. and Thompson E.* Case studies of extreme wave analysis: a comparative analysis. In: *WAVES'93*. 1993. P. 978–992.
  13. *Burcharth H.F. and Liu Z.* On the extreme wave height analysis // *Proceedings of the International Conference on Hydro-Technical Engineering for Port and Harbor Construction (Hydro-Port)*. Yokosuka, Japan. 1994. P. 123–142.
  14. *Дивинский Б.В., Косьян Р.Д., Подымов И.С., Пушкарев О.В.* Экстремальное волнение в северо-восточной части Черного моря в феврале 2003 г. // *Океанология*. 2003. Т. 43. № 6. С. 948–950.

## EXTREME WAVES IN THE NORTH-EASTERN PART OF THE BLACK SEA

**B.V. Divinsky, O.V. Pushkarev**

The use of seaways, shipbuilding, hydraulic engineering construction, planning and execution of sea work, study of hydrodynamic processes and sea waters structure require data on wind-induced wave condition. The requisite climatic characteristics are divided into two parts: operational, which reflect highly repetitive events, and extreme ones, eventual over a specified time period. Study of extreme waves, destructive by their nature, are of the most interest.

## REFERENCES

1. Kos'yan R.D., Divinsky B.V., Pushkarev O.V. 1998. Measurements of parameters of wave processes in the open sea near Gelendzhik. The Eight Workshop of NATO TU-WAVES/Black Sea. METU. Ankara, Turkey, 17–18 Apr. P. 5–6.
2. Rzhaplinskiy G.V. (Ed.). 1969. *Atlas volneniya i vetra Chernogo morya*. [Atlas wave and wind Black Sea]. Leningrad, Gidrometeoizdat: 111 p. (In Russian).
3. Davidan I.N., Lopatukhin L.I., Rozhkov V.A. (Ed.) 1974. *Registr SSSR. Veter i volny v okeanakh i moryakh. Spravochnye dannye*. [Register USSR. Wind and waves in the oceans and seas. Reference data]. Leningrad, Transport Publ.: 359 p. (In Russian).
4. *Gidrometeorologiya i gidrokimiya morey SSSR. Tom IV: Chernoe more. Vypusk 1: Hidrometeorologicheskie usloviya. (Proekt «Morya SSSR»)*. [Hydrometeorology and hydrochemistry of USSR seas. Volume IV: The Black Sea. Issue 1: Hydro-meteorological conditions. (The project “Sea of the USSR”)]. 1991. Leningrad, Gidrometeoizdat: 429 p. (In Russian).
5. Al'tman E.G., Matushevskiy G.V. (Ed.). 1987. *Tipovye polya vetra i volneniya Chernogo moray*. [Typical fields of wind and waves of the Black Sea]. Sevastopol, Sevastopol branch of the State Oceanographic Institute: 116 p. (In Russian).
6. Rzhaplinskiy G.V., Nazaretskiy L.N. 1974. [Calculation mode excitement of offshore water areas on the example of the Black Sea]. *Meteorologiya i gidrologiya*. (1): 63–68. (In Russian).
7. Matushevskiy G.V. 1978. [The calculation of the maximum height of wind waves in the oceans and seas]. *Meteorologiya i gidrologiya*. (5): 63–69. (In Russian).
8. Battjes J.A. 1970. Long-term wave height distributions at seven stations around the British isles. *NIO Report*, No 44. National Institute of Oceanography. UK.
9. Teng C.-C. and Palao I.M. 1996. Wave height and period distributions from long-term wave measurement. *Coastal Engineering*. P. 368–379.
10. Goda Y. and Kobune K. 1990. Distribution Function Fitting for Storm Wave Data. In: *Proceedings of the International Conference on Coastal Engineering*. Delft, the Netherlands.
11. Rossouw J. 1988. Design waves and their probability density functions. *Coastal Engineering*. P. 822–834.
12. Van Vledder G., Goda Y., Hawkes P., Mansard E., Martin M.J., Mathiesen M., Peltier E. and Thompson E. 1993. Case studies of extreme wave analysis: a comparative analysis. In: *WAVES'93*. P. 978–992.
13. Burcharth H.F. and Liu Z. 1994. On the extreme wave height analysis. In: *Proceedings of the International Conference on Hydro-Technical Engineering for Port and Harbor Construction (Hydro-Port)*. Yokosuka, Japan. P. 123–142.
14. Divinsky B.V., Kos'yan R.D., Podymov I.S., Pushkarev O.V. 2003. [Extreme excitement in the northeastern part of the Black Sea in February 2003]. *Okeanologiya*. 43(6): 948–950. (In Russian).