

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРО-ВОЛНОВОГО РЕЖИМА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Р.Б. Тагиров

Севастопольский национальный
технический университет
г. Севастополь, ул. Университетская, 26
E-mail: kassiopeya-12@rambler.ru

В статье приводятся результаты модельного исследования ветро-волнового режима Каспийского моря. По результатам исследования определены условия возникновения нелинейных волн на мелководье в северной части Каспийского моря.

Важнейшей проблемой проектирования морских буровых установок (МБУ) является их устойчивость на грунте в условиях мелководья, а также учет влияния морских волн на опорное основание буровой установки. При размещении морских стационарных объектов на мелководье существует проблема учета влияния на них нелинейных морских волн. Эта проблема на сегодняшний день изучена недостаточно и поэтому в нормативных документах, таких как Российский Морской Регистр Судоходства [1], морской регистр Ллойда (Великобритания) [2] и других отсутствуют соответствующие рекомендации.

При освоении ресурсов северной части Каспийского моря проблема воздействия морских волн на МБУ становится актуальной т. к. во многих случаях волны приходят с юго-востока, имеют, как правило, значительный разгон и несут большую энергию [3]. Ранее исследования такого типа проводились государственным университетом ИТМО, ГНЦ РФ ААНИИ и ООО «Компания ИНФОМАР» и др. [4].

Наибольшее применение при математическом моделировании волновых полей получила модель SWAN, разработанная и внедренная в Дельфтском техническом университете (Нидерланды). Модель отличается достаточно высокой точностью по данным исследований ГУ ИТМО [5]. Эта модель была использована для определения границ применимости различных волновых теорий в условиях Северного Каспия. Для этого были построены волновые поля для трех характерных ситуаций: сильного, слабого среднего ветра.

Характерные ситуации выбирались по

статистике 2008 года, соответственно: 2 – 5 марта, 5 – 9 мая, 20 – 24 сентября. Наиболее интересным с точки зрения непосредственных расчетов экстремальных нагрузок на МБУ является случай 2 – 5 марта. Два других случая служат для анализа изменения нагрузок на основании буровой установки в зависимости от скорости ветра. Для построения характерных полей ветра использовались спутниковые данные о поле ветра QuikScat из базы данных NASA (США) [6].

В ходе проведенных исследований был выявлен ряд закономерностей, которые позволяют судить о характере волновых полей в районе постановки стационарных платформ ЛСП-1 и ЛСП-2 на месторождении им. Ю. Корчагина в северной части Каспийского моря.

Пространственные распределения глубины (H), отношения длины волны к высоте (h_s/λ) и глубины к высоте (H/λ) были сняты на разрезе длиной 1060 км, ориентированного с северо-запада на юго-восток и проходящего через точку постановки МБП с координатами ($44^\circ 54' 50,8''$ с.ш.; $48^\circ 57' 35,55''$ в.д.). Данные на разрезе снимались в 168 точках.

Глубина установки МБП равна 12 м, расстоянию от северного берега моря – 88 км.

Полученные характерные поля ветра приведены ниже на рисунке 1. Для этих полей ветра были рассчитаны поля волн с использованием прикладного пакета SWAN. При этом учитывались следующие характерные особенности задачи:

- 1) нестационарность задачи (обуславливается изменчивостью поля ветра с течением времени, см. рисунок 1);
- 2) пониженная соленость вод северной части Каспийского моря, близкая к пресной воде при средней плотности 1,016;
- 3) обрушение волн на критических глубинах;
- 4) диссипации волновой энергии за счет трения о дно.

В результате расчетов были получены поля значительных высот волн h_s , представленные на рисунке 2, длины волны λ и периода T , которые использовались для определения области применимости известных моделей поверхностных волн по диаграмме из [7], на которой показаны области, характерные для кноидальных волн, волн Эри и волн Стокса.

Для каждой расчетной ситуации вдоль разреза, пересекающего Каспийское море и

проходящего через точку постановки БП, были вычислены отношения H/λ и h/λ .

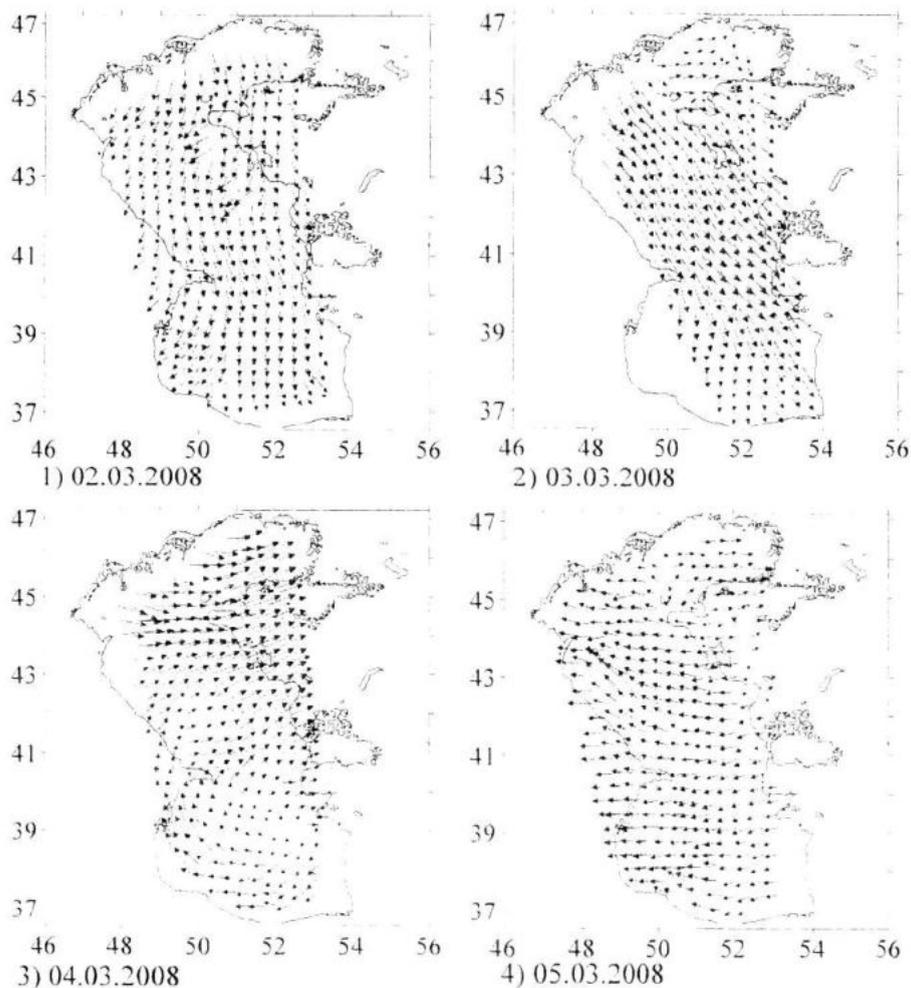


Рисунок 1 – Характерные поля скорости ветра

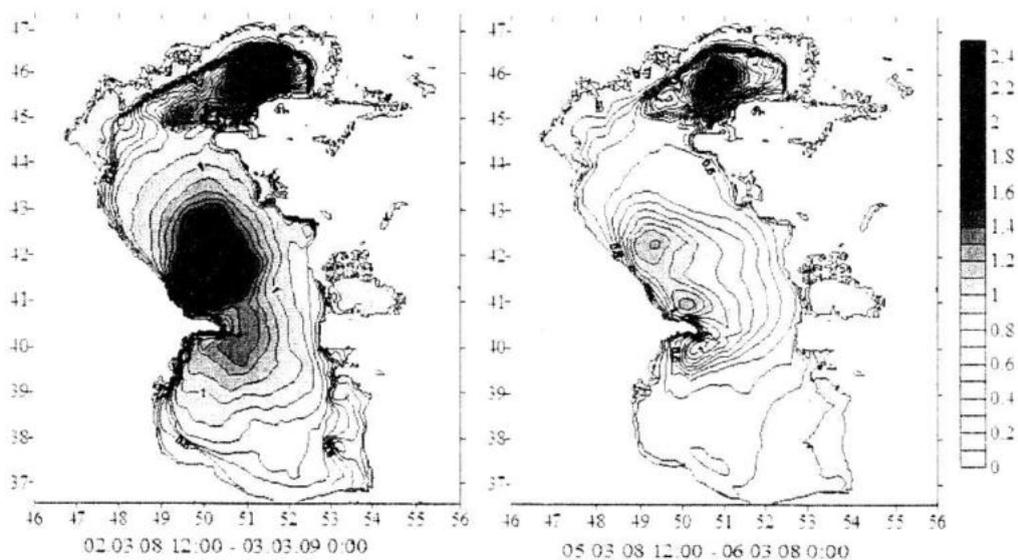


Рисунок 2 – Распределения наиболее значительных высот волн с 01 по 05 марта 2008 г.

Анализ показал, что при указанных условиях формируются существенно нелинейные поверхностные волны.

Известно [7], что для нелинейных волн отношения высоты волны к ее длине больше 0,1. Это неравенство выполнялось практически при всех рассмотренных ситуациях ветрового режима, за исключением одного случая при окончании шторма, когда ветер имел юго-западное направление, и был направлен перпендикулярно исследуемому разрезу. Этот случай ниже будет рассмотрен отдельно.

В направлении характерного разгона наблюдались распределения представленные на рисунках 3, 4.

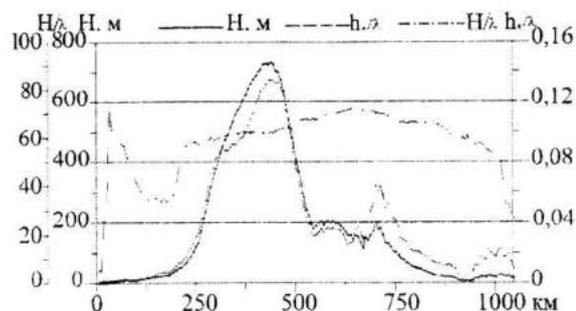


Рисунок 3 – 02.03.2008 12:00-24:00

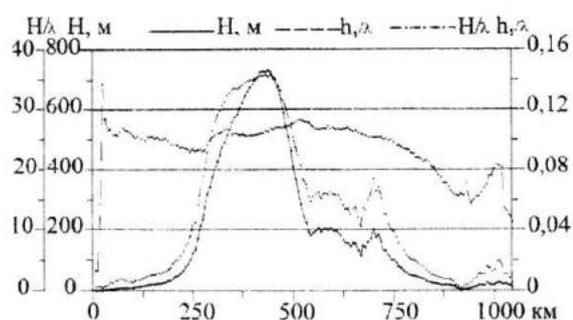


Рисунок 4 – 03.03.2008 0:00-12:00

При силе ветра более 6 м/с в направлении наибольшего разгона со стороны берега наблюдается ярко выраженная нелинейность волн на глубинах меньше 30 метров.

Также был рассмотрен разрез, произведе-

нный с северо-востока на юго-запад, до точки постановки МБУ и далее на юго-восток. Этот разрез проходит через точки 42,752° с.ш. и 51,8° в.д.; 44,64° с.ш. 48,58° в.д.; 41,768° с.ш. 50,98° в.д).

Для каждого из случаев сильного, среднего и слабого ветров на этом разрезе строились распределения, аналогичные первому разрезу. Данные для этих распределений снимались через 36 часов, графики распределений представлены на рисунках 5 – 7.

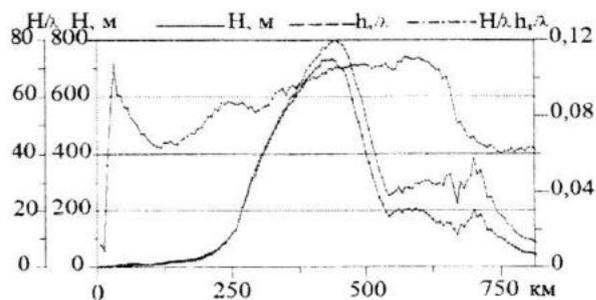


Рисунок 5 – Ветер от 13 до 30 м/с

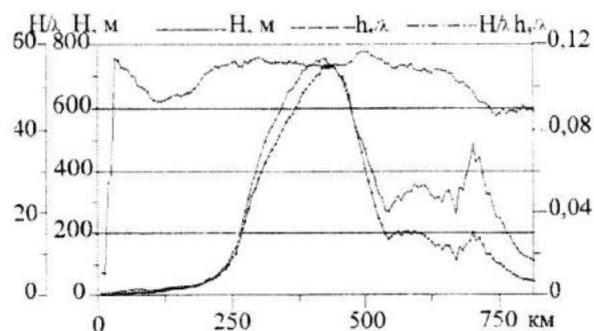


Рисунок 6 – Ветер от 8 до 14 м/с

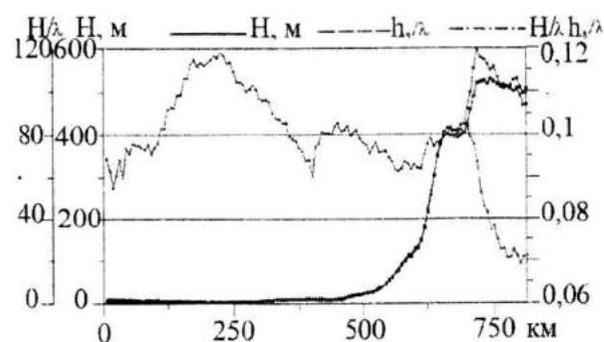


Рисунок 7 – Ветер 5 м/с

Приведенные графики на рисунках 5–7 свидетельствуют о том, что нелинейные эффекты наблюдаются в рассматриваемой области, в частности вдоль мелководной части разреза, практически во всем диапазоне глубин и скоростей ветра. В случае слабого ветра наблюдается несколько более характерная нелинейность волн в глубоководной части моря. То есть, волна, приходящая из глубоководной части (глубина около 500 метров), при выходе на меньшую глубину 300 метров становится нелинейной, а при выходе на глубину 4 метра соответствует модели кноидальных волн.

Таким образом, численные расчеты волновых полей для условий центральной и северной частей Каспийского моря показали, что при трансформации волн, сформированных, главным образом, в центральной части моря на глубинах 500–1000 м в волны мелководной части они приобретают особенности нелинейных волн конечной амплитуды, волн Стокса. В некоторых случаях для описания таких нелинейных волн более близкой является модель кноидальных волн. Эти особенности поверхностных волн существенно влияют на распределение скорости течения и, следовательно, на механические нагрузки на элементы конструкций МБУ.

Л и т е р а т у р а

1. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. Российский Морской Регистр Судоходства, С.-Петербург, 2007.

2. Lloyd's Register of Shipping. Великобритания: [б. и.], 1974.

3. Временные локальные технические условия (ВЛТУ-2004). Гидрометеорологические условия и исходные расчетные данные для проектирования объектов обустройства месторождения им. Ю. Корчагина 2004 г., Астрахань, Москва, Санкт-Петербург, 2004 г.

4. Высокопроизводительный программный комплекс моделирования и прогноза экстремальных гидрометеорологических явлений и расчета воздействий на морские объекты и сооружения НИР 2007-4-1.4-00-06-108 (2007–2008) <http://www.infomarcompany.com>

5. Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг.» – ГУ ИТМО – Москва, 2007. – С. 10.

6. Веб-сайт: <http://poet.jpl.nasa.gov/>

7. Доусон Т. Проектирование сооружений для освоения морского шельфа – Москва, 1982. – С. 97.