

УДК 551.465.755:519.688 (043.3) (262.81)

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
МИКЕ 21 ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СГОННО-НАГОННЫХ
ЯВЛЕНИЙ НА КАСПИЙСКОМ МОРЕ**

Н.И. Ивкина

Рассматриваются вопросы гидродинамического моделирования сгонно-нагонных явлений на Каспийском море с целью их прогнозирования. Анализируются результаты моделирования сгона и нагона, наблюдавшихся в 1997 году в районе МГ Остров Большой Пешной.

В современный период при высоком стоянии фонового уровня Каспийского моря нагонные явления сопровождаются затоплением больших, ранее незатопляемых участков казахстанского побережья, принося огромные убытки хозяйственным объектам, населению и экологии региона. Причиняемый ущерб может быть значительно снижен путем строительства защитных сооружений (плотин, дамб и т.п.), а также заблаговременным предупреждением (прогнозом) штормового нагона. Действующая система оперативного предупреждения штормовых нагонов ненадежна из-за отсутствия хороших методов прогноза этого явления. Кроме того, существующая сеть гидрометеорологических станций на казахстанской части Каспийского моря недостаточна. Совершенно не освещена наблюдениями мелководная восточная часть Северного Каспия. Возникла необходимость создать надежную оперативную систему для прогнозирования штормовых нагонов с достаточной заблаговременностью и своевременного оповещения заинтересованных в нем потребителей.

На основе анализа многолетнего ряда архивных данных получены представления об основных характеристиках и параметрах нагонов и сгонов. Изучена их повторяемость, проведена типизация, определены эффективные направления ветра для разных участков побережья. Но для уверенного предсказания будущих явлений сгонов и нагонов этого материала недостаточно. Поэтому на основе датской тех-

нологии [4, 6] создана гидравлическая модель Каспийского моря, сфокусированная на районы казахстанского побережья. Модель откалибрована и верифицирована на данных о крупных нагонах прошлых лет. Одним из входных параметров этой модели был и является фоновый уровень моря. В вопросе о том, что считать нагоном и сгоном и что принимать за начало отсчета при оценке их значений, единого мнения до сих пор не существует. А. И. Симонов при определении высоты сгонов и нагонов за фоновый (начальный) горизонт принимает штилевой уровень. М.Н. Костяницын для расчета сгонов и нагонов берет за начальный горизонт среднемесячный уровень, как уровень, который, по его мнению, прогнозируется. М.М. Рогов за отсчетный горизонт для сгонов и нагонов принимает фоновый уровень моря. М.М. Архангельский предлагает за отсчетный горизонт принимать средний уровень за 10-15 суток, предшествующих сгону или нагону [1, 2].

При проведении калибровки модели за фоновый уровень принимался среднемесячный уровень. Но при прогнозе определить средний уровень за месяц не представляется возможным. Поэтому за фоновый уровень моря перед нагоном принят средний уровень за предшествующие нагону несколько дней при штиле или несильном "нейтральном" ветре. От этого "исходного" положения уровня определялась высота нагона как разность максимального и "нулевого" уровня. Как упоминалось ранее, эффективные направления нагонного ветра, т. е. вызывающие наибольший нагон при прочих равных условиях, для разных участков побережья следующие: для западного побережья северной части моря - юго-восточное и восточное; для северного побережья - юго-восточное и южное; для северо-восточного (от дельты р. Урал и до р. Эмба) - юго-западное; для восточного побережья (от устья р. Эмба - до пос. Прорва) - западное и северо-западное. Наивысший уровень при нагоне, как правило, наступает через 2-3 суток после начала естественного синоптического периода. При прогнозировании синоптических ситуаций используются карты, получаемые из Рединга (Англия), доработанные синоптиком-практиком в Бюро погоды Агентства по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Ниже представлено, в качестве примера, прогнозирование двух нагонных ситуаций, которые наблюдались на Каспийском море в 1997 году. Результаты моделирования сравнива-

лись с данными, измеренными на МГ Остров Большой Пешной. Нуль поста - минус 28 м абс.

Развитие нагонной ситуации, которая наблюдалась с 17 по 20 апреля 1997 года, осуществлялось следующим образом. В начале периода над Каспийским морем располагалась область высокого давления, которая была ориентирована в северо - восточном направлении и медленно перемещалась в восточном направлении, а с запада перемещался циклон. Над северной частью моря отмечалось увеличение градиентов. В начале изобары были направлены с юго - запада на северо - восток, затем 18-20 апреля с запада на восток. Сначала наблюдался меньший по высоте нагон, который вывел уровень из равновесия, а затем сформировался больший. Этот нагон не является значительным, подъем уровня моря не превышает 0,36 м. Вызван он ветрами западного направления, скорость которых достигала 12 м/с. Как видно из табл. 1, разница между моделированными (H_m) и измеренными (H_n) уровнями небольшая, в среднем 5 см.

Таблица 1
Моделированные и измеренные уровни воды по МГ Остров
Большой Пешной за период с 17.04.97 по 20.04.97

Дата	Срок, ч	Ско- рость ветра, м/с	Направ- ление ветра, румб	H_n , м	H_m , м	$\Delta H =$ $H_n - H_m$, м
17.04.97	0	2	З	0,80	0,78	0,02
	6	6	З	0,79	0,83	-0,04
	12	5	З	0,80	0,83	-0,03
	18	-	-	0,81	0,87	-0,06
18.04.97	0	0	ШТ	0,95	0,94	0,01
	6	0	ШТ	0,98	0,94	0,04
	12	-	-	1,02	0,93	0,09
	18	1	ЮЗ	1,00	0,94	0,06
19.04.97	0	12	СЗ	0,98	0,96	0,02
	6	12	ЮВ	1,06	1,01	0,05
	12	6	ЮЗ	1,09	1,02	0,07
	18	12	СЗ	1,09	1,02	0,07
20.04.97	0	9	ЮВ	0,94	0,95	-0,01
	6	9	З	1,11	1,05	0,06
	12	8	ЮЗ	1,16	1,06	0,10
	18	6	ЮЗ	1,16	1,12	0,04

Более наглядно это представлено на рис. 1, где приведено сопоставление моделированных и измеренных уровней воды. В отличие от предыдущего случая, нагонная ситуация, наблюдавшаяся с 29 апреля по 3 мая развивалась по другому сценарию. Восточнее Каспийского моря располагался циклон с центром над Аральским морем, а с запада через центральную часть Каспийского моря перемещался антициклон, который выталкивал циклон в северном направлении с небольшой восточной составляющей, в связи с чем над Северным Каспием поле изобар постепенно сгустилось, имея западное направление.

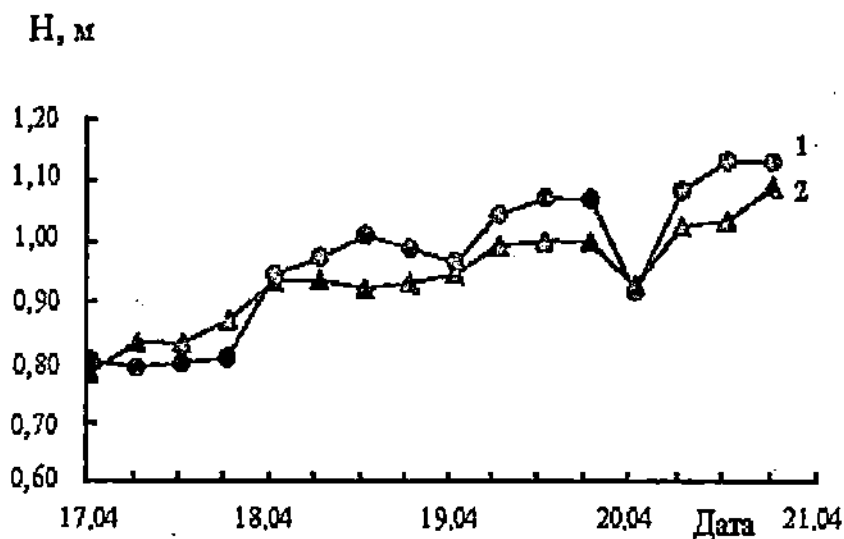


Рис. 1. Сопоставление измеренных (1) и моделированных (2) уровней воды по МГ Остров Большой Пешной за период с 17.04.97 по 20.04.97

Усиление ветра западного направления достигло максимального значения 30 апреля 1997 года в 18 часов по гринвичскому времени, после чего расстояние между центрами циклона и антициклона увеличилось, а барические градиенты ослабли, хотя ветры продолжали сохранять западное направление. Нагон был более значительным, его высота, как видно из табл. 2, достигала 1,34 м. Вызван он был ветрами западного направления, скорость которых достигала 14 м/с. На-

гон был однопиковый и характеризовался резким поднятием уровня (в течении 12 часов). Развитие нагонной ситуации и ход моделированных и измеренных уровней воды демонстрирует рис. 2. Как видно из описания нагонных ситуаций, каждый конкретный случай имел свою специфическую природу возникновения. Заблаговременность и точность прогноза сгонно-нагонных колебаний уровня с использованием рассматриваемого метода зависит в основном от соответствующих характеристик прогноза полей атмосферного давления и ветра. Действительно, исходя из анализа уравнений движения, используемых для расчета сгонно-нагонных процессов, можно заключить, что ошибки в значении уровня должны зависеть не только от ошибок в метеовеличинах, но и от абсолютных значений скорости, направления и продолжительности действия ветра.

Таблица 2

Моделированные и измеренные уровни воды по МГ Остров
Большой Пешной за период с 29.04.97 по 03.05.97

Дата	Срок, ч	Ско- рость ветра, м/с	Направ- ление ветра, румб	H_n , м	H_m , м	$\Delta H =$ $H_n - H_m$, м
29.04.97	0	7	СВ	0,34	0,29	0,05
	6	8	С	0,29	0,26	0,03
	12	8	С	0,27	0,22	0,05
	18	1	СВ	0,26	0,21	0,05
30.04.97	0	3	ЮЗ	0,39	0,45	0,06
	6	8	З	0,42	0,48	-0,06
	12	9	ЮЗ	1,11	0,98	0,13
	18	12	ЮЗ	1,32	1,12	0,21
01.05.97	0	12	ЮЗ	1,60	1,42	0,18
	6	12	ЮЗ	1,29	1,05	0,24
	12	14	ЮЗ	1,25	1,01	0,24
	18	8	ЮЗ	-	-	-
02.05.97	0	-	-	-	-	-
	6	6	СЗ	1,25	1,12	0,13
	12	5	СЗ	1,26	1,15	0,11
	18	0	ШТ	1,13	0,94	0,19
03.05.97	0	0	ШТ	1,10	0,98	0,12
	6	2	ЮЗ	1,18	1,02	0,16
	12	5	ЮЗ	1,20	1,02	0,18
	18	0	ШТ	1,17	1,09	0,08

Анализ позволил объяснить, почему при расчетах сгонно-нагонных явлений для реальных ситуаций наилучшие результаты получаются при моделировании наиболее значительных колебаний уровня. Во-первых, значительные колебания уровня вызываются барическими образованиями с большими горизонтальными градиентами атмосферного давления, а в этом случае ошибки при расчете скорости и направления ветра, как правило, минимальны. Во-вторых, ветер при больших колебаниях уровня имеет эффективное сгонно-нагонного направление, и ошибка в направлении ветра в этом случае даже в 30° обуславливает погрешность уровня не более 20 см. В-третьих, продолжительность действия сильных ветров обычно не превышает 06 - 12 ч., что также не приводит к значительным ошибкам.

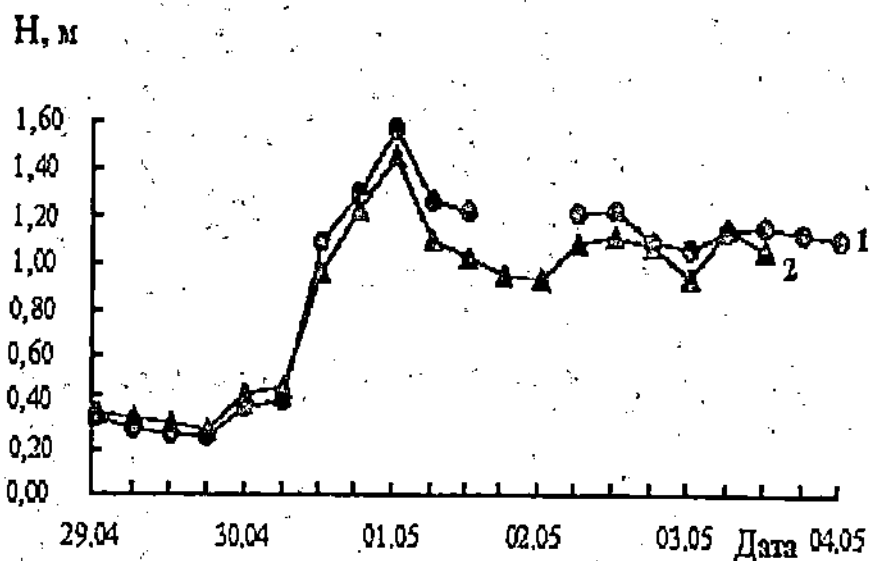


Рис. 2. Сопоставление измеренных (1) и моделированных (2) уровней воды по МГ Остров Большой Пешной за период с 29.04.97 по 04.05.97

При моделировании незначительных колебаний уровня, вызываемых малоградиентными барическими полями, относительные ошибки расчетных значений уровня резко возрастают в основном за

счет увеличения ошибок в определении направления действующего ветра вследствие нерепрезентативности размытых барических полей в условиях редкой сети метеостанций на Каспийском море, особенно на казахстанской части.

Таким образом, оценку точности численных гидродинамических методов расчета стонно-нагонных колебаний уровня при существующей точности получаемых и рассчитываемых метеополей целесообразно проводить по данным о максимальных колебаниях уровня [3, 5]. Выполненные исследования продемонстрировали работоспособность гидродинамической модели. На основании полученных результатов можно утверждать, что гидродинамический метод расчета штормовых нагонов пригоден как для Северного Каспия, так и всего района Каспийского моря. Это позволяет рассчитывать на то, что модель может быть использована для прогноза нагонных изменений уровня в целях решения задач, связанных с экологическим мониторингом водной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработать и внедрить казахстанско-датскую технологию предупреждения затопления Атырауской области: Отчет о НИР (промежуточный) / КазНИИМОСК, Отв. исп. С.П. Шиварева.- N ГР 0197РК00725.- Алматы, 1997.- 93 с.
2. Скриптунов Н.А., Ган Г.Н. Проникновение кратковременных колебаний уровня моря в устье Невы // Труды ГОИН.- Вып. 78.- 1964.- С. 40 - 64.
3. Шиварева С.П. Оценка затопления нагонными водами Каспийского моря прибрежных территорий // Доклады Национальной Академии наук Республики Казахстан.-1995.- № 6.-С. 29 - 36.
4. Abbott M.B., McCowan A., Warren I.R. Numerical Modelling of Free-Surface Flows that are Two Dimensional in Plan // Transport models for Inland and coastal waters.- Academic press, 1991.- P. 222 - 283.
5. Shivareva S.P. Estimate of Flooding the Kazakh Caspian Seacoast by the Raising of Water Level by the Effect of Wind //World Coast Conference.- Vol. 2.- 1993.- P. 873 - 874.

6. Smagorinsky J., Manabe S., Holloway J.E. Numerical Results from a Nine-level General Circulation Model of the Atmosphere // Monthly Weather Review.- 1965.- Vol. 93. - P.727-768.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

**КАСПИЙ ТЕҢІЗІНДЕ СУДЫҢ
ШОҒЫРЛАНДЫРУ-ҚУҒЫНДАУ ҚҰБЫЛЫСТАРЫН
БОЛЖАУ ҮШІН МІКЕ 21 ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ
ҮЛГІСІН ҚОЛДАНУ ТӘЖІРИБЕСІ**

Н.И. Ивкина

Каспий теңізінде судың шоғырландыру-қуғындау құбылыстарын болжау мақсатымен гидродинамикалық үлгі мәселелері қарастырылады. Үлкен Пешнойдағы МГ Аралы ауданында 1997 жылы бақыланған судың шоғырландыру және қуғындау үлгісінің нәтижелері талданады.