

УДК 551.46.062.1 (262.81)

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДАТСКИХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ
СТАНЦИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ МОРЯ
В СЛАБОИЗУЧЕННЫХ РАЙОНАХ КАСПИЯ**

Канд. техн. наук С. П. Шиварева

Канд. геогр. наук Н. И. Ивкина

Т. П. Строева

Рассматриваются результаты исследования колебаний уровня моря и динамических процессов северо-восточной части Каспийского моря на основе данных измерений, полученных датскими гидрологическими станциями. Показаны способы организации и проведения гидрологических работ в этом районе.

Среди большого разнообразия процессов и явлений, возникающих под действием касательных напряжений ветра на водную поверхность, особое место по сложности, многообразию и важности для целей практики и познания закономерностей динамики вод принадлежит процессам переноса и перемешивания вод. Они обычно сопровождаются ветровыми волнами, сгонно-нагонными колебаниями уровня, длинными волнами и перепадами уровня. Каждое явление имеет свои закономерности волновых движений, совместное действие которых создает сложные процессы переноса и перемешивания вод, вызывая большие затруднения при измерении скорости течения и регистрации уровня воды. Это, в свою очередь, вызывает затруднения при обработке материалов, анализе и обобщении полученных данных. В такой обстановке большую ценность приобретают сведения, полученные в натуральных условиях, при отчетливо выраженном преобладании исследуемого явления [2].

Практически все явления и процессы, происходящие в морях и внутренних водоемах, обуславливаются и протекают под непосред-

ственным воздействием атмосферы. Наиболее отчетливо выражено действие атмосферы на толщу воды в пределах границы раздела, а признаком воздействия является изменчивость количественных характеристик ветра. Воздействие ветра на водную поверхность проявляется в виде различных динамических явлений и процессов, одни из которых видны на поверхности, а другие протекают в водной толще и могут быть обнаружены только специальными измерительными приборами.

Безусловно, изучение общей динамики Каспийского моря возможно при постановке длительных наблюдений и последующего определения режимных характеристик. Но, несмотря на сравнительно удовлетворительную общую изученность водоема, его северная часть является, в гидрологическом отношении, слабоизученной. Особенно это заметно в прибрежной зоне Атырауской области, где даже незначительные колебания уровня воды приводят к существенному изменению береговой линии. Основной причиной отсутствия исследований в этом районе является его труднодоступность: для морского транспорта этот район чрезвычайно мелководен, для сухопутного обследования со стороны суши он также непроходим, поскольку прибрежные участки суши во многих местах покрыты вязким илом и озерно-лагунными образованиями [5]. В результате воздействия ветра на водную поверхность в море формируются сгонно-нагонные явления разных масштабов и осуществляются сложные процессы переноса и перемешивания вод. Механизм взаимодействия между воздушным потоком и подстилающей поверхностью отличается большим разнообразием и сложностью. Сложность объясняется существованием одновременного действия трех механизмов взаимодействия ветра с подстилающей водной поверхностью: резонанса между случайными флуктуациями давления воздуха над поверхностью воды и поверхностными волнами; наличия связи между ветровыми волнами и индуцированными ими колебаниями давления воздуха; относительно быстрой передачей энергии ветра коротким крутым волнам с последующей передачей ее более длинным волнам.

Для решения практической задачи исследования динамических процессов северо-восточного Каспия, сложный механизм взаимодействия ветра и водной поверхности был представлен комплексом количественных характеристик, поддающихся оценкам. В комплекс

таких характеристик можно включить: изменение скорости ветра; повторяемость ветров различной скорости по направлениям; перенос вод при наличии перепада уровня, обусловленного притоком речных вод Волги и Урала, формирующего в водосеме затухающую по пути движения и меандрирующую по горизонтали струю или транзитный поток с примыкающими к нему водоворотными зонами.

В условиях недостатка данных наблюдений для исследования динамических процессов данного района был выбран метод гидродинамического моделирования, основанный на использовании гидродинамического модуля MIKE 21, разработанного в Датском гидравлическом институте [6, 7]. Путем численного гидродинамического моделирования решаются задачи изучения режима колебаний уровня в областях, недостаточно или совсем не освещенных натурными данными, в том числе расчет гидрографа уровня и его экстремальных характеристик. Для адаптации модели в условиях Северного Каспия были выполнены расчеты уровня моря для ряда известных штормов. При верификации модели помимо натуральных данных, получаемых на стандартной сети станций, впервые были использованы данные об уровнях моря, измеренные датскими регистраторами уровня воды. Необходимо отметить, что измерения на ГМС производятся 2-4 раза в сутки, а сгонно-нагонные явления уровня, особенно их экстремальные значения, как правило, происходят между сроками наблюдений.

Для организации и проведения гидрологических работ на северо-восточном побережье было выполнено рекогносцировочное обследование, в процессе которого выявлены условия проходимости прибрежных участков моря и зоны затопления суши, выбраны места для установки датских гидрологических станций. При этом большое внимание уделялось конфигурации берегов, обуславливающей пространственную неравномерность размера сгонов и нагонов. По результатам обследования составлены необходимые требования по конструкции и монтажу гидрологического оборудования, пригодного для мелководной северо-восточной части Каспийского моря. Основная цель установки датских гидрологических станций на Каспийском море - получение количественных характеристик колебания уровня моря в течение безледного периода.

Датские гидрологические станции состоят из датчика давления с высокими эксплуатационными качествами, комплекта электро-

ники, батарейного комплекта, информационного съемщика, интерфейса, кабеля, компьютера с программным обеспечением. Морская станция снабжена внутренними батареями, а прибрежная питается от внешней батареи. Гидрологическая станция прибрежного типа расположена в дельте р. Урал на МГ Остров Большой Пешной. Датчик уровня моря смонтирован на металлической трубе диаметром 0,1 м и длиной 5 м на высоте около 0,2 м от морского дна. Глубина в месте установки - 1,2 м, расстояние от берега - 30 м. Датчик соединен с берегом 30-метровым кабелем, который свободно лежит на дне, а в прибойной зоне углублен в грунт на 0,30 м. На берегу установлен герметичный металлический ящик, в который помещен аккумулятор для снабжения энергией датчика уровня посредством проложенного кабеля. Морская станция организована в открытой северо-восточной части Каспийского моря (район Тенгиза), на глубине 2,2 м на расстоянии 50 км от берега. Привязка данных станции к абсолютным отметкам выполнена путем сравнения синхронных измерений уровня датскими приборами с установленной на МГ Остров Большой Пешной гидрологической рейкой. Эти приборы имеют ряд преимуществ перед ранее использовавшимися в этом регионе самописцами уровня воды, поскольку они представляют собой комплексную систему состоящую из физического измерителя, преобразующего сенсорные сигналы в данные, и программного обеспечения, позволяющего представлять и обрабатывать данные с учетом различных поправок.

Результаты измерений уровня воды датскими станциями с августа по октябрь 1996 года представлены на рис. 1, анализ которого показывает, что уровень Каспийского моря в северо-восточной части снижался до минус 27,9 м абс. и поднимался до минус 26,2 м абс. Такой размах колебаний уровня моря в 1,7 м вызван в основном сгонно-нагонными явлениями с небольшой в 0,2 м добавкой сезонных колебаний уровня.

Наибольший интерес при исследовании причин, вызывающих сгонно-нагонные явления, представляют сведения о направлении и скорости ветра. Для этого за наиболее характерные периоды в которые, как видно из рис. 1, зафиксированы наибольшие подъемы и спады уровня моря, в табл. 1 приведены данные о направлении и скорости ветра, измеренные на МГ Остров Большой Пешной в 1996 г.

В условиях действия ветра и ветровых волн размах сгонно-нагонных колебаний уровня зависит от совместного влияния ветрового течения и волнового переноса. Поскольку перенос при ветровом течении во много раз больше волнового переноса, то и суммарный размах сгонно-нагонных колебаний определяется в основном ветровым течением.

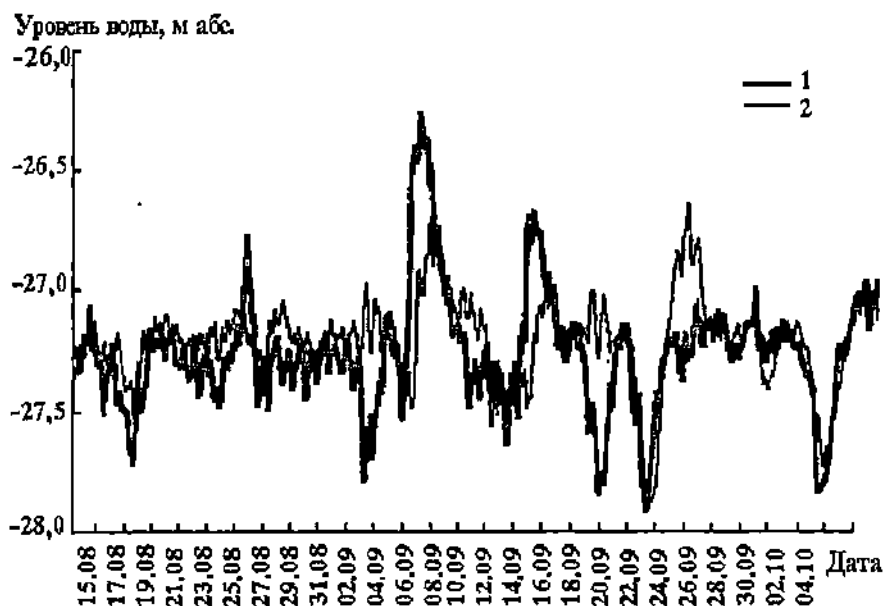


Рис. 1. Уровни Каспийского моря, измеренные датскими гидрологическими станциями в период с 12.08.96 по 08.10.96 г;

1 - уровни воды по станции в районе Тенгиза; 2 - уровни воды по станции вблизи острова Большой Пешной.

По данным таблицы 1, преобладающими ветрами в этот период были ветры западных и восточных направлений с максимальной скоростью 10-14 м/с. В первых двух случаях (10-11 и 19-20 сентября) преобладал западный ветер, который более эффективен для возникновения нагонов морской воды на восточное побережье (район Тенгиза). В обоих случаях, при прочих равных условиях, высота нагона в устье меньше, по сравнению с открытым морем в районе Тенгиза. Это объясняется тем, что в устьевой части р. Урал заросли камыша оказывают сопротивление проникновению нагона и уменьшают его высоту. Противоположную картину наблюдаем в октябре, когда наблюдался юго-восточный ветер, который эффективен для устья

р. Урал и нейтрален для района Тенгиза. В конце сентября вторжение северного ветра вызвало сильный сгон для обоих районов, а изменение направления ветра на юго-восток в первых числах октября привело к поднятию уровня в районе острова Большой Пешной и его стабилизации в районе Тенгиза.

Таблица 1

Направление и скорость ветра в периоды подъема уровня воды по МГ Остров Большой Пешной в сентябре 1996 г.

Дата	Срок	Направление ветра, румб	Скорость ветра, м/с
10.09	00	СЗ	14
	06	СЗ	14
	12	З	14
	18	З	14
11.09	00	З	14
	06	З	14
	12	ЮЗ	14
	18	ЮЗ	4
19.09	06	ЮЗ	3
	12	ЮЗ	2
	18	З	7
20.09	00	СЗ	9
	06	З	6
	12	СЗ	10
28.09	18	СВ	3
29.09	00	СВ	4
	06	СВ	2
	12	С	10
	18	С	7
30.09	00	С	5
	06	С	12
	12	СЗ	12
	18	СЗ	1
3.10	00	ЮВ	1
	06	ЮВ	14
	12	ЮВ	14
	18	ЮВ	3

Таким образом, полученные данные подтверждают наш вывод о влиянии ветров юго-восточного направления на возникновение нагонов на северном побережье Каспийского моря и ветров западного направления - на его восточном побережье [5]. Надо отметить, что ветры юго-восточного направления имеют наибольшую повторяемость и скорость в Северном Каспии.

На рис. 2 показан ход уровней воды, измеренных на МГ Остров Большой Пешной и датским регистратором уровня, установленным в открытой северо-восточной части моря, с 30 июня по 19 августа 1997 г. Как видно из сопоставлений данных измерений, уровни моря в открытой части на 20 -25 см выше чем у берега.

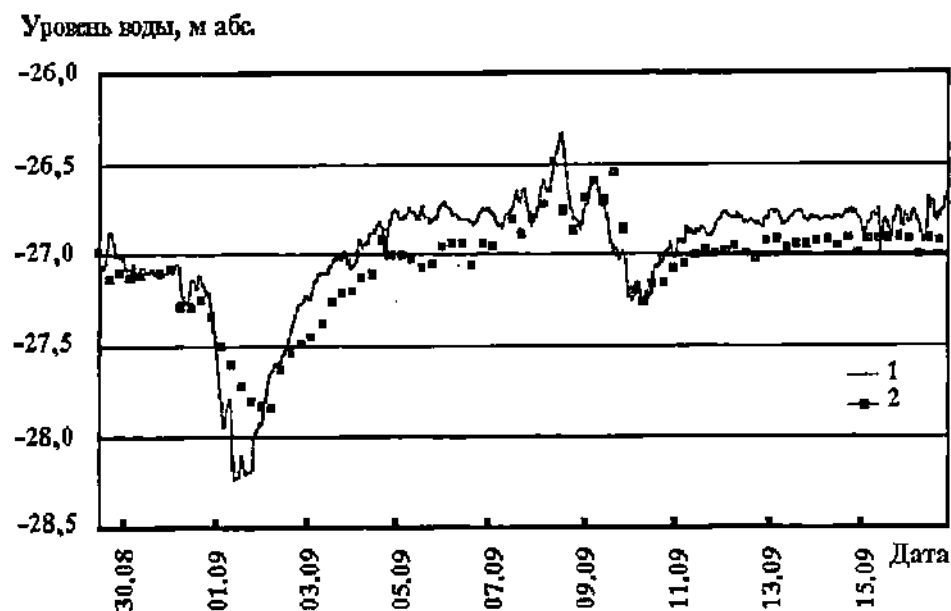


Рис. 2. Сопоставление хода уровней воды, измеренных датским регистратором уровня с координатами $51^{\circ} 35' \text{ В. Д.}$, $46^{\circ} 48' \text{ С. Ш.}$ (1) и рейкой на МГ Остров Большой Пешной (2), за период с 30.08.97 г. по 18.09.97 г.

С 1 по 3 сентября на море наблюдался сильный сгон (рис. 2). Синоптическая ситуация представляла собой выход южно - каспийского циклона на север Каспийского моря и объединение его с циклоном, перемещавшимся с запада. От их слияния образовался высокий и глубокий циклон, центр которого сместился к югу над

заливом Кара-Богаз-Гол. Поэтому ветры постепенно переходили от западных к восточным направлениям над восточным берегом Северного Каспия. Как, видно из рис. 2, уровень воды в течении 3-х дней постоянно падал. Такая ситуация вызвана сильным сгонным ветром северного направления со скоростью, достигавшей 16 м/с.

Таблица 2

Направление и скорость ветра в периоды сгона - нагона воды по МГ Остров Большой Пешной в сентябре 1997 г.

Дата	Срок	Ветер		Измеренный уровень, м
		направление, румб	скорость, м/с	
01.09.97	0	С	6	0,72
	6	ЮВ	3	0,71
	12	СВ	6	0,75
	18	СВ	3	0,66
02.09.97	0	СВ	11	0,51
	6	С	16	0,40
	12	С	16	0,28
03.09.97	18	СЗ	12	0,20
	0	С	2	0,17
	6	СЗ	5	0,16
08.09.97	12	СЗ	4	0,38
	18	СЗ	1	-
	0	ШТ	0	1,06
	6	ШТ	0	0,94
09.09.97	12	ЮЗ	4	1,06
	18	ШТ	0	1,04
	0	-	-	-
	6	СВ	8	1,19
10.09.97	12	Ю	12	1,11
	18	ЮВ	10	1,20
	0	ЮВ	12	1,27
	6	ЮВ	14	1,50
	12	ЮВ	10	1,24
11.09.97	18	ЮВ	18	1,13
	0	ЮВ	10	1,31
	6	ЮВ	10	1,40
	12	ЮВ	5	1,30
	18	СЗ	2	-

С 8 по 11 сентября на море наблюдался сильный нагон (рис. 2). Над Северо - Восточным Каспием стационарировал мощный антициклон, в связи с чем южно - каспийский циклон выходил в северном направлении с небольшой западной составляющей и слился с циклоном, перемещавшимся с запада, что благоприятствовало усилению градиента давления над Северным Каспием. Блокирующий антициклон отошел на восток. Поле изобар разрядилось, и ветры ослабли. Как видно из табл. 2, уровень воды в течение этих 3-х дней постоянно возрастал. Такая ситуация вызвана штормовым юго-восточным ветром со скоростью, достигающей 18 м/с.

Сгоны - нагоны развиваются на Каспийском море довольно быстро: они могут достигать экстремумов в течение нескольких часов, а затем начинается выравнивание уровней. За одной денивеляцией может последовать вторая, третья и т.д.; они могут представлять собой непрерывную цепь повышений и понижений уровней. Обычные срочные наблюдения на ГМС, выполняемые 2 - 4 раза в сутки, не могут зафиксировать ход уровней при сгонах и нагонах, поскольку эти явления могут происходить между сроками наблюдений (рис. 2). Наиболее эффективно в подобных случаях использование вышеуказанных регистраторов уровня, позволяющих фиксировать колебания уровня каждые 20 минут.

С помощью датских приборов удалось получить уникальные данные об уровнях моря в самом неизученном районе Северного Каспия - мелководном восточном побережье, где активно ведется освоение нефтяных месторождений. В перспективе предполагается использование этих данных для создания метода краткосрочного прогноза сгонно-нагонных явлений и расчета зон затопления и осушения казахстанского побережья Северного Каспия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние атмосферных процессов на сгонно-нагонные явления казахстанского побережья Каспийского моря / С. П. Шиварева, М.А. Мурадов, Н. И. Ивкина, Т. П. Строева, Н. Н. Щеголева, Е.И. Васенина // Гидрометеорология и экология.- 1997.- № 3. - С. 228 - 236.

2. К вопросу о создании батиметрической модели Каспийского моря / Н. И. Ивкина, Т. П. Строева, Е. И. Васенина, Г.И. Нестеркина // Гидрометеорология и экология. - 1997. - № 2. - С. 103 - 109.
3. Судольский А.С. Динамические явления в водоемах.- Л.: Гидрометеиздат, 1991.- 262 с.
4. Шиварева С. П., Ивкина Н. И., Строева Т. П. Моделирование гидравлических процессов в береговой зоне Каспийского моря Республики Казахстан // Математическое моделирование в естественных науках: Материалы международной научной конференции, 17-18 апреля, 1997 г./Редкол.: С. Серовайский (отв. ред.) и др., КазГУ. - Алматы, 1997. - С. 237.
5. Шиварева С. П., Ивкина Н. И., Строева Т. П. Создание модели предупреждения экологических кризисов в период сгонно-нагонных явлений на казахстанском побережье Каспийского моря// Промышленная экология и охрана водных экосистем: Сборник статей конференции.- 1997. - С. 43 - 49.
6. Abbott M.B., Damsgaard A., Rodenhuis G. S. System 21, Jupiter, A Design System for Two-Dimensional Nearly Horizontal Flows // Journal of Hydraulic Resources. - 1973. - Vol. 11 - P. 1 - 28.
7. Jensen H. R., Vested H. J., Simonsen C. Storm Surge Forecasting for the Danish North Sea Area // PIANC Bulletin. - 1991. - № 72. - P. 76 - 98.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

КАСПИЙДІҢ НАШАР ЗЕРТТЕЛГЕН АУДАНДАРЫНДА ТЕҢІЗДІҢ ДЕНГЕЙІН ЗЕРТТЕУІ ҮШІН ДАНИЯНЫҢ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ СТАНЦИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ ТУРАЛЫ

Техн.ғыл.канд.
Геогр.ғыл.канд.

С.П.Шиварева
Н.И.Ивкина
Т.П.Строева

Данияның гидрологиялық станциясын қолдану негізінде Каспийдің Солтүстік-Шығыс маңында алынған деңгейдің тербелу және динамикалық процесстерін зерттеу нәтижелері қарастырылған. Қаралынған аудандарда гидрологиялық жұмыстарын жүргізуі және ұйымдастыру тәсілдері көрсетілген.