

УДК 532.59

Т.Я. Шульга

Моделирование сгонно-нагонных явлений в ограниченном морском бассейне

В работе методом математического моделирования исследуются сгонно-нагонные колебания, возникающие под действием касательных напряжений трения ветра в ограниченном бассейне, геометрические характеристики которого соответствуют оз. Донузлав. Дан анализ зависимостей амплитуд сгонно-нагонных колебаний от величины и направления скорости ветра в ряде пунктов побережья.

Исследование динамических процессов в ограниченных бассейнах представляет собой одну из важнейших задач динамики моря [1 — 7]. В работе [8] выполнено моделирование ветровых течений в оз. Донузлав.

В настоящей работе численным методом исследуются волновые процессы, возникающие под действием касательных напряжений трения ветра в ограниченном бассейне, геометрические характеристики которого соответствуют оз. Донузлав.

1. Пусть ограниченный бассейн переменной глубины заполнен однородной жидкостью. Над поверхностью бассейна дует ветер, создающий касательные напряжения и генерирующий волны и течения. Предполагаем, что из массовых сил на жидкость действуют только сила тяжести и сила Кориолиса.

Для определения составляющих горизонтальной скорости течения $u(x, y, t)$ и $v(x, y, t)$ (по осям x, y соответственно) и профиля свободной поверхности $\zeta(x, y, t)$ имеем систему трех линейных дифференциальных уравнений [9, 10]:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = - \left[\frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} \right], \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} - fv = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\tau_{ax}}{\rho H} - \mu u, \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + fu = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\tau_{ay}}{\rho H} - \mu v, \quad (3)$$

где $H(x, y)$ — глубина бассейна в точке (x, y) ; g — ускорение силы тяжести;

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ — плотность воды; $\tau_{ax} = C_a \rho_a W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$,
 $\tau_{ay} = C_a \rho_a W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$ — проекции касательных напряжений трения ветра
 вдоль осей x и y ; W_x, W_y — проекции скорости ветра на соответствующие
 оси; $\rho_a \approx 1 \text{ кг/м}^3$ — плотность воздуха; $C_a = 1,2 \cdot 10^{-3}$ — коэффициент по-
 верхностного трения; $\mu = 5 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ — коэффициент диссипации; f — па-
 раметр Кориолиса, соответствующий широте $\varphi \approx 45^\circ$.

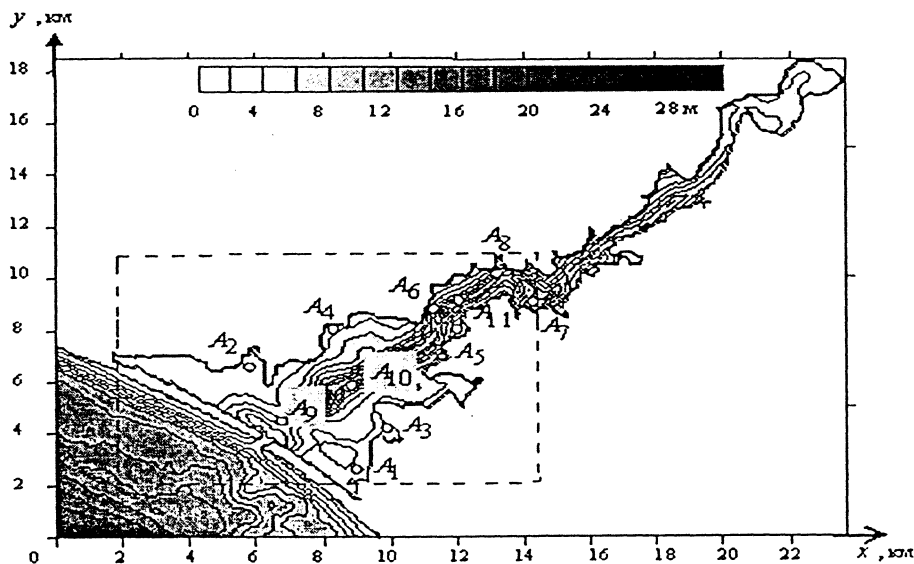
Бассейн ограничен рельефом дна $H(x, y)$ и свободной поверхностью
 $\zeta(x, y, t)$. На боковых границах рассматриваемой области нормальная со-
 ставляющая скорости течения равна нулю:

$$u_n|_{\Gamma} = 0. \quad (4)$$

Начальные возмущения в момент времени $t = 0$ отсутствуют:

$$\zeta(x, y, 0) = 0, \quad u(x, y, 0) = 0, \quad v(x, y, 0) = 0. \quad (5)$$

Оз. Донузлав — сильно вытянутый и сужающийся в северо-восточном
 направлении бассейн с изрезанной береговой чертой. В нем имеется несколь-
 ко котловин и глубоководный канал вдоль оси озера (рис. 1). Рассмотрим
 южную часть озера [7], поскольку именно здесь динамические процессы про-
 являются наиболее отчетливо.



Р и с. 1. Рельеф дна (м) оз. Донузлав (A_1 — A_{11} — точки, в которых фиксируются отклоне-
 ния уровня)

Выполним моделирование штормовой ситуации, вызванной переменным ветром. Как показывает анализ данных ветрового режима (обобщенная информация из банка данных Морского отделения УкрНИГМИ за 45 лет), в рассматриваемом районе продолжительные штормовые ситуации возникают преимущественно в осенний и зимний периоды. Причем наибольшую повторяемость имеют штормовые ветры восточного и западного направлений со скоростью $\sim 10 - 20$ м/с.

2. Проведем численные эксперименты для восточного и западного направлений ветра при заданных максимальных значениях скорости $|W_{1,2}|_{\max} = 10$ м/с и $|W_{3,4}|_{\max} = 15$ м/с. В начальный момент времени ($t = 0$) вода в озере находится в состоянии покоя. При $t > 0$ на водную поверхность начинает действовать однородный по пространству ветер, скорость которого нарастает и через 3 ч достигает своего предельного значения, оставаясь неизменной в течение 6 ч. Далее она убывает до нуля.

Восточный и западный ветры направлены вдоль оси x . Вдоль оси y ветра нет, поэтому составляющая скорости ветра $W_y = 0$. Изменение по времени составляющей скорости ветра W_x задается следующим образом:

$$W_x(t) = \pm \begin{cases} at, & 0 \leq t < t_1, \\ at_1, & t_1 \leq t < t_2, \\ at_1 - a(t - t_2), & t_2 \leq t < t_3, \end{cases} \quad (6)$$

где $at_1 = W_{\max}$ м/с; знак «-» соответствует восточному направлению ветра, «+» — западному направлению ветра; $t_1 = 3$ ч; $t_2 = 9$ ч; $t_3 = 12$ ч.

Аналитическое решение задачи (1) — (5) найдем численно с помощью разностной схемы, аппроксимирующей уравнения теории мелкой воды [9]. Схема построена на разнесенной сетке C [10], где в центрах ячеек заданы значения уровня, а на боковых гранях — значения компонент скорости. Такое расположение узлов существенно упрощает численную реализацию граничных условий. В расчетной области вводится сетка с горизонтальным разрешением Δx , Δy и с шагом по времени $\Delta t = 3$ с, величина которого определяется условием Куранта [9].

В результате численных расчетов получены значения $\zeta(x, y, t)$ и составляющих горизонтальной скорости течения за период времени от 0 до 12 ч. Распределения высот волн (см) для восточного и западного направлений ветра в различных точках озера (рис. 1) приведены в табл. 1 — 4. Точки, в которых даны значения отклонения свободной поверхности, расположены на противоположных границах озера: A_1 , A_3 , A_5 и A_7 — на левом берегу, A_2 , A_4 , A_6 и A_8 — на правом берегу и в центральной его части — точки A_9 , A_{10} , A_{11} . Отклонения $\zeta(x, y, t)$ даны через 1 ч.

Т а б л и ц а 1

Отклонения свободной поверхности ζ (см) в точках $A_1 — A_{11}$
с дискретностью 1 ч, вызванные восточным ветром
при максимальной скорости $W_1 = 10$ м/с

Время, ч	ζ , см										
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}
1	9,9	2,0	0,9	1,2	0,6	0,4	-0,9	6,4	7,2	3,6	-1,8
2	12,6	9,9	3,3	3,6	1,6	1,3	-0,6	8,8	9,9	5,0	-1,2
3	19,8	17,8	7,8	5,4	2,2	2,6	0,6	15,2	17,1	8,6	1,2
4	20,2	17,8	6,3	6,0	2,8	3,3	1,5	19,2	22,0	10,8	3,0
5	14,4	12,9	5,7	9,6	3,0	3,3	0,9	14,4	16,2	8,1	3,6
6	12,6	12,9	5,4	7,8	2,8	2,9	0,9	12,8	14,4	7,2	3,0
7	12,6	5,0	3,3	6,6	2,0	2,4	1,8	11,2	12,6	6,3	3,0
8	11,7	3,0	2,4	6,0	1,6	0,7	1,5	2,6	11,7	5,9	4,8
9	11,7	3,0	1,5	1,8	1,0	0,7	0,9	2,0	9,0	4,5	4,8
10	7,2	-7,9	-0,6	-1,2	-0,6	-0,4	-0,6	1,2	5,4	2,7	6,0
11	-14,4	-13,9	-1,8	-6,6	-0,6	-1,1	-8,0	-1,6	-14,4	-7,2	6,6
12	-19,8	-17,8	-3,3	-5,1	-1,2	-1,8	-11,0	-1,9	-17,1	-8,6	7,8

Т а б л и ц а 2

Отклонения свободной поверхности ζ (см) в точках $A_1 — A_{11}$
с дискретностью 1 ч, вызванные западным ветром
при максимальной скорости $W_2 = 10$ м/с

Время, ч	ζ , см										
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}
1	-4,0	-2,8	-2,0	-1,8	-0,5	-0,4	0,5	0,3	-6,6	-1,3	-0,1
2	-5,9	-4,2	-3,0	-2,7	-0,7	-0,6	0,7	0,7	-9,9	-2,0	-0,2
3	-9,9	-7,0	-5,0	-4,5	-1,2	-1,0	1,2	1,1	-16,5	-3,3	-0,3
4	-12,9	-9,1	-6,5	-5,9	-1,6	-1,4	1,6	1,5	-21,5	-4,3	-0,4
5	-13,2	-9,3	-6,7	-6,0	-1,6	-1,4	1,6	1,5	-21,9	-4,4	-0,4
6	-12,9	-9,1	-6,5	-5,9	-1,6	-1,4	1,6	1,5	-21,5	-4,3	-0,4
7	-12,7	-9,0	-6,4	-5,8	-1,5	-1,3	1,5	1,4	-21,1	-4,2	-0,4
8	-11,9	-8,4	-6,0	-5,4	-1,4	-1,2	1,4	1,3	-19,8	-4,0	-0,4
9	-9,9	-7,0	-5,0	-4,5	-1,2	-1,0	1,2	1,1	-16,5	-3,3	-0,3
10	-5,0	-3,5	-2,5	-2,3	-0,6	-0,5	0,6	0,6	-8,3	-1,7	-0,2
11	-2,0	-1,4	-1,0	-0,9	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-3,3	-0,7	-0,1
12	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,1	0,2

Из табл. 1 видно, что отклонения свободной поверхности при восточном ветре и заданной максимальной скорости ветра 10 м/с не превышают 22 см. Наибольшее значение $\zeta(x, y, t)$ в выбранных точках отмечено в период от 3 до 5 ч и достигается в центральной части озера. У берега возвышения свободной поверхности, вызванные ветром, меньше, чем в центре, и их максимумы не более 20,2 см. В выбранных пунктах, расположенных на юго-западной границе озера, абсолютный максимум отклонений $\zeta(x, y, t)$ больше, чем в пунктах, находящихся на северо-восточной границе.

В табл. 2 приведены отклонения свободной поверхности при западном ветре и той же максимальной скорости ветра 10 м/с. Наибольшее значение сгона (–21,9 см) отмечено в 5 ч в центральной части озера. У берега понижения свободной поверхности, вызванные ветром, меньше, чем в центре, и их абсолютный максимум равен 13,2 см.

Результаты расчетов отклонения свободной поверхности для восточного ветра при максимальной скорости ветра 15 м/с приведены в табл. 3. Наибольшие значения отклонений отмечены в точках A_1 , A_2 и A_9 , которые расположены в юго-западной и центральной частях озера. Здесь максимальный нагон достигает 25 см. У противоположного берега возвышения свободной поверхности, вызванные ветром, меньше чем в центре, и их максимум составляет –21,6 см. Анализируя данные, приведенные в табл. 1 и 3, отметим, что при восточном ветре область максимумов высот волн смещена на запад.

Т а б л и ц а 3

Отклонения свободной поверхности ζ (см) в точках A_1 — A_{11}
с дискретностью 1 ч, вызванные восточным ветром
при максимальной скорости $W_3 = 15$ м/с

Время, ч	ζ , см										
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}
1	11,3	2,3	1,0	1,4	0,7	0,5	–1,0	7,2	8,1	4,1	2,0
2	14,4	11,1	3,7	4,1	1,8	1,5	–0,7	9,9	11,1	5,6	1,4
3	22,6	20,0	8,8	6,1	2,5	2,9	0,7	17,1	19,2	9,7	1,6
4	24,6	19,8	7,1	6,8	3,2	3,7	1,7	21,6	25,0	12,2	3,4
5	16,4	14,5	6,4	10,8	3,4	3,7	1,0	16,2	18,2	9,1	4,1
6	14,4	14,5	6,1	8,8	3,2	3,3	1,2	14,4	16,2	8,1	3,4
7	14,4	5,6	3,7	7,4	2,3	2,7	2,0	12,6	14,2	7,1	2,4
8	13,3	3,4	2,7	6,8	1,8	0,8	1,7	2,9	13,2	6,6	1,4
9	13,3	3,4	1,7	2,0	1,1	0,8	1,0	2,3	10,1	5,1	0,4
10	8,2	–8,9	–0,7	–1,4	–0,7	–0,5	–0,7	1,4	6,1	3,0	–6,8
11	–16,4	–15,6	–2,0	–7,4	–0,7	–1,2	–9,0	–1,8	–16,2	–8,1	–7,4
12	–22,6	–20,0	–3,7	–5,7	–1,4	–2,0	–12,4	–2,1	–19,2	–9,7	–8,8

В табл. 4 приведены отклонения свободной поверхности при западном направлении ветра и той же максимальной скорости ветра (15 м/с). Наибольшее отклонение уровня ($-33,3$ см), отмечено в 5 ч в точке A_9 центральной глубоководной части. У берега понижения свободной поверхности, вызванные ветром, меньше чем в центре, и их максимум достигает $-20,1$ см. Максимум $|\zeta|$ во всех точках больше, чем для ветра того же направления при скорости 10 м/с.

Т а б л и ц а 4

Отклонения свободной поверхности ζ (см) в точках $A_1 — A_{11}$ с дискретностью 1 ч, вызванные западным ветром при максимальной скорости $W_4 = 15$ м/с

Время, ч	ζ , см										
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}
1	-6,1	-4,3	-3,0	-2,7	-0,8	-0,6	0,8	0,5	-10,0	-2,0	-0,2
2	-9,0	-6,4	-4,6	-4,1	-1,1	-0,9	1,1	1,1	-15,0	-3,0	-0,3
3	-15,0	-10,6	-7,6	-6,8	-1,8	-1,5	1,8	1,7	-25,1	-5,0	-0,5
4	-19,6	-13,8	-9,9	-9,0	-2,4	-2,1	2,4	2,3	-32,7	-6,5	-0,6
5	-20,1	-14,1	-10,2	-9,3	-2,4	-2,1	2,4	2,3	-33,3	-6,7	-0,6
6	-19,6	-13,8	-9,9	-9,0	-2,4	-2,1	2,4	2,3	-32,7	-6,5	-0,6
7	-19,3	-13,7	-9,7	-8,8	-2,3	-2,0	2,3	2,1	-32,1	-6,4	-0,6
8	-18,1	-12,8	-9,1	-8,2	-2,1	-1,8	2,1	2,0	-30,1	-6,1	-0,6
9	-15,0	-10,6	-7,6	-6,8	-1,8	-1,5	1,8	1,7	-25,1	-5,0	-0,5
10	-7,6	-5,3	-3,8	-3,5	-0,9	-0,8	0,9	0,9	-12,6	-2,6	-0,3
11	-3,0	-2,1	-1,5	-1,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-5,0	-1,1	-0,2
12	-0,8	-0,6	-0,5	-0,5	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	0,1	0,2

Были выполнены численные эксперименты по моделированию волн в озере без учета влияния силы Кориолиса для ветра восточного направления при максимальной скорости ветра 15 м/с. Расчет $\zeta(x, y, t)$ проводился при условии, что в задаче (1) — (5) $f = 0$. Во всех отмеченных точках отклонения свободной поверхности, вычисленные без учета силы Кориолиса, отличаются незначительно (не более 9%) от значений ζ , вычисленных с учетом этой силы.

3. Проведем численное моделирование волновых процессов, вызванных восточным ветром при $|W|_{\max} = 20$ м/с за период времени от 0 до 18 ч. Изменение составляющей скорости ветра W_x от 0 до 12 ч задается соотношением (6), затем от 12 до 18 ч полагаем $W_x = 0$. Величину сгонов и нагонов будем исследовать в тех же пунктах $A_1 — A_{11}$.

В табл. 5 приведены экстремумы отклонений свободной поверхности в различных пунктах озера, вызванные восточным ветром при его максимальной скорости 20 м/с, и соответствующие им моменты времени. Здесь же

представлены значения отклонений уровня при $t = 18$ ч ($\zeta = \zeta_{t=18\text{ч}}$). Данные в таблице разбиты на три части. В верхней части таблицы даны значения отклонений свободной поверхности в пунктах, расположенных на левом берегу озера (A_2, A_4, A_6, A_8), в средней — на правом (A_1, A_3, A_5, A_7) и в нижней части — в точках, лежащих в центральной области озера (A_9, A_{10}, A_{11}).

Т а б л и ц а 5

Экстремумы отклонения свободной поверхности ζ (см), вызванные восточным ветром ($|W|_{\max} = 20$ м/с), и соответствующие им моменты времени T

A_j	$\zeta_{\max}$	$T_{\max}$	$\zeta_{\min}$	$T_{\min}$	$\zeta_{t=18}$
A_2	22	3 ч 21 мин	-30	12 ч 02 мин	-16
A_4	11	3 ч 09 мин	-9	12 ч 49 мин	8
A_6	4	7 ч 39 мин	-5	16 ч 45 мин	-3
A_8	26	12 ч 10 мин	-3	17 ч 40 мин	-2
A_1	42	3 ч 25 мин	-32	15 ч 17 мин	-28
A_3	11	3 ч 18 мин	—	—	-14
A_5	5	7 ч 41 мин	-5	15 ч 43 мин	-2
A_7	2	10 ч 12 мин	-22	12 ч 21 мин	2
A_9	44	3 ч 12 мин	-39	13 ч 31 мин	-29
A_{10}	13	3 ч 10 мин	—	—	-41
A_{11}	5	3 ч 16 мин	—	—	-15

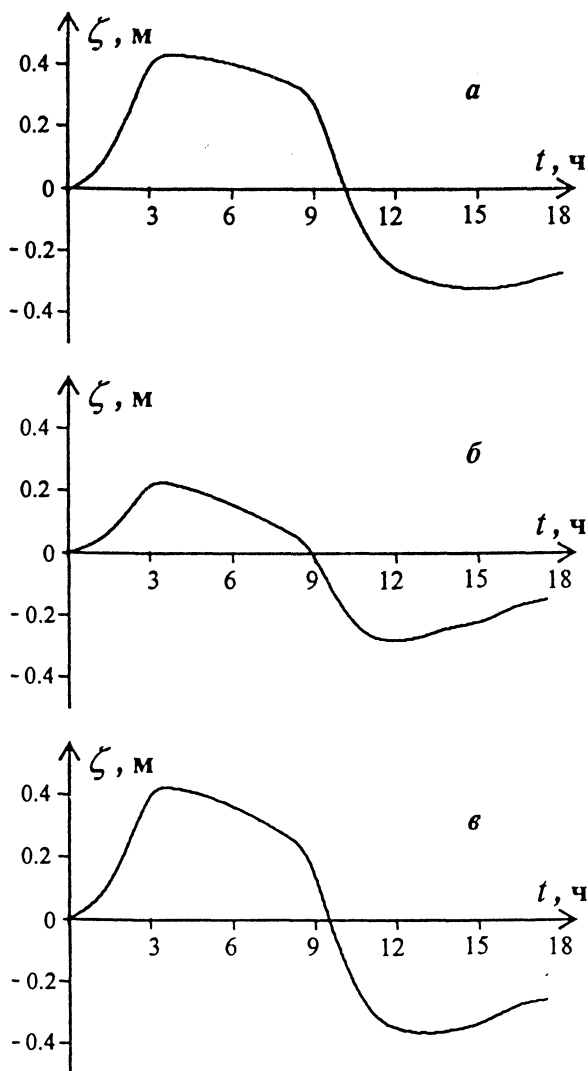
В пункте A_2 с начального момента времени до 3 ч 21 мин имеет место повышение уровня (рис. 2, б). При этом наибольшее его значение равно 22 см. В период от 3 ч 21 мин до 12 ч 02 мин уровень понижается до минимального значения (-30 см). С 12 ч 02 мин до 18 ч наблюдается монотонное повышение уровня до -16 см. В пункте A_4 также происходит нагон с на-

чального момента времени до 3 ч 09 мин, его максимальное значение равно 11 см. С 3 ч 09 мин до 12 ч 49 мин уровень понижается до минимального значения (– 9 см). С 12 ч 49 мин до 18 ч наблюдается монотонное повышение уровня до 8 см. В пункте A_6 уровень повышается до 4 см с начального момента времени до 7 ч 39 мин. С 7 ч 39 мин до 16 ч 45 мин уровень понижается до минимального значения (– 5 см). В оставшееся время (от 16 ч 45 мин до 18 ч) наблюдается его повышение до – 3 см. В пункте A_8 с момента времени $t = 0$ до 12 ч 10 мин происходит нарастание ζ до максимума (26 см). С 12 ч 10 мин до 17 ч 40 мин уровень понижается до минимального значения (– 3 см). Далее (до 18 ч) уровень повышается до – 2 см.

Из анализа данных, приведенных в табл. 5 для левого берега озера следует, что во всех точках отклонения свободной поверхности нарастают в начальный период времен. Наибольший нагон (26 см) отмечен в пункте A_8 , а наибольший сгон (– 30 см) — в точке A_2 . Во всех указанных точках за период времени от 12 до 18 ч отклонения уровня достигают минимального значения, а потом происходит нарастание амплитуды.

Проанализируем данные, приведенные в средней части табл. 5 для пунктов, расположенных на правом берегу озера. В пункте A_1 (рис. 2, а) с начального момента времени до 3 ч 25 мин имеет место повышение уровня до максимума (42 см). С 3 ч 25 мин до 15 ч 17 мин уровень понижается до – 32 см. С 15 ч 17 мин до 18 ч наблюдается монотонное повышение уровня до – 28 см. В пункте A_3 происходит нагон (11 см) с момента времени $t = 0$ до 3 ч 18 мин. С 3 ч 18 мин до 18 ч уровень монотонно понижается до – 14 см. В пункте A_5 происходит повышение уровня до 5 см с начального момента времени до 7 ч 41 мин. С 7 ч 41 мин до 15 ч 43 мин уровень понижается до – 5 см. В период от 15 ч 43 мин до 18 ч наблюдается повышение уровня до – 2 см. В пункте A_7 с начального момента времени до 10 ч 12 мин происходит повышение уровня до максимального значения (2 см). С 10 ч 12 мин до 12 ч 21 мин уровень понижается до – 22 см. В оставшееся время от 12 ч 21 мин до 18 ч наблюдается повышение уровня до 2 см.

Таким образом, в пунктах A_1 , A_3 , A_5 , A_7 ветер восточного направления в начальный период времени формирует нагон. В последующее время происходят сгон до минимума и затем повышения уровня. Наибольший нагон (42 см) и наибольший сгон (– 32 см) отмечены в одной и той же точке A_1 . Во всех пунктах, расположенных на северо-восточном берегу озера, экстремумы $|\zeta|$ больше, чем в пунктах юго-западного берега; за исключением возвышения свободной поверхности в точке A_8 на юго-западном берегу (26 см), значительно превышающем отклонение на противоположном берегу в пункте A_7 (2 см).



Р и с. 2. Амплитуды отклонения свободной поверхности при восточном ветре в точках A_1 — а, A_2 — б и A_9 — в

В пункте A_9 (рис. 2, в) от начального момента времени до 3 ч 12 мин имеет место повышение уровня до 44 см. С 3 ч 12 мин до 13 ч 31 мин уровень понижается до -39 см, и с 13 ч 31 мин до 18 ч наблюдается его монотонное повышение до -29 см. В пункте A_{10} происходит нагон (13 см) с момента времени $t = 0$ до 3 ч 10 мин. Затем (3 ч 10 мин $< t \leq 18$ ч) уровень монотонно понижается до -41 см. В пункте A_{11} происходит повышение уровня до 5 см с начального момента времени до 3 ч 16 мин. Далее (3 ч 16 мин $< t \leq 18$ ч) уровень понижается до -15 см.

В пунктах центральной части озера отмечено наибольшее значение нагона (44 см) и наибольшее значение сгона (-39 см) в одной и той же точке A_9 .

Таким образом, в пунктах, расположенных на побережье озера, наибольшие возвышения свободной поверхности несколько меньше, чем максимальные значения уровня в его центральной части.

Выводы. С помощью численной модели волнения в ограниченном морском бассейне, геометрические характеристики которого соответствуют оз. Донузлав, выполнено исследование динамических процессов для восточного и западного направлений ветра. Отмечено, что ветер, имеющий большую максимальную скорость, вызывает большие по абсолютной величине отклонения свободной поверхности. При ветре одного направления и одной и той же скорости максимальные значения сгонов и нагонов в центральной части озера, больше, чем на его побережье. В большинстве рассмотренных пунктов, расположенных на северо-восточном берегу озера, максимальные значения сгона и нагона больше, чем на юго-западном берегу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сретенский Л.Н.* Теория волновых движений жидкости. – М.: ОНТИ, 1936. – 303 с.
2. *Ламб Г.* Гидродинамика. – М.: Гостехиздат, 1947. – 948 с.
3. *Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В.* Теоретическая гидромеханика. Т.1. – М.: Гостехиздат, 1955. – 560 с.
4. *Гидродинамика береговой зоны и эстуариев* / Под ред. Э.П. Иппена. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 394 с.
5. *Ле Блон П., Майсек Л.* Волны в океане. Т.1. – М.: Мир, 1981. – 680 с.
6. *Черкесов Л.В.* Основы динамики несжимаемой жидкости. – Киев: Наук. думка, 1984. – 164 с.
7. *Черкесов Л.В., Иванов В.А., Хартиев С.М.* Введение в гидродинамику и теорию волн. – С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1992. – 264 с.
8. *Андросович А.И., Иванов В.А., Михайлова Э.Н. и др.* Моделирование ветровых течений в озере Донузлав / Морской гидрофизический журнал. – 1996. – № 2. – С. 15 – 26.
9. *Вольцингер Н.Е.* Длинные волны на мелкой воде. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 158 с.
10. *Лабзовский Н.А.* Непериодические колебания уровня моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 237 с.
11. *Марчук А.Г., Чубаров Л.Б., Шокин Ю.И.* Численное моделирование волн цунами. – Новосибирск: Наука, 1983. – 174 с.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,
Севастополь

Материал поступил
в редакцию 12.07.05
После доработки 06.10.05

ABSTRACT Surge oscillations resulting from the effect of tangent wind stresses in a bounded basin whose geometrical parameters correspond to those of the Donuslav Lake are studied using the method of mathematical simulation. Dependences of the surge oscillation amplitudes upon the value and direction of the wind velocity in a number of the coastal points are analyzed.