

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Морской гидрофизический институт РАН»

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
ПРИБРЕЖНОЙ И ШЕЛЬФОВОЙ ЗОН МОРЯ**

Сборник научных трудов

выпуск 1

Севастополь

2015

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| <i>Горячкин Ю.Н.</i> Проблемы природопользования в береговой зоне Крымского полуострова | 5 |
| <i>Пешков В.М.</i> Современное состояние и перспективы защиты берегов Черного и Азовского морей Краснодарского края..... | 12 |
| <i>Игнатов Е.И., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д.</i> Типизация берегов Крыма.... | 20 |
| <i>Корзинин Д.В.</i> Особенности формирования профиля равновесия подводного берегового склона (на примере аккумулятивных берегов Западного Крыма)..... | 29 |
| <i>Каплин П.А., Мысливец В.И., Поротов А.В.</i> Развитие абразионно-аккумулятивных береговых систем Керченского полуострова в условиях изменений уровня моря..... | 34 |
| <i>Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Цыганкова А.Е., Сушко К.С., Комогоров А.Ю.</i> Современное состояние абразионных и аккумулятивных берегов Азовского моря | 40 |
| <i>Белокопытов В.Н., Никольский Н.В.</i> Устойчивые антициклонические вихри у южного и западного побережья Крыма | 47 |
| <i>Удовик В.Ф., Горячкин Ю.Н.</i> Оценки межгодовой изменчивости вдольберегового транспорта наносов на участке береговой зоны от Севастополя до Евпатории | 54 |
| <i>Макаров К.Н., Катлине Коблев А.Х.</i> Воздействие волн на берегозащитные сооружения в зонах подводных каньонов..... | 66 |
| <i>Фомин В.В., Лазоренко Д.И., Алексеев Д.В., Полозок А.А.</i> Штормовые нагоны в Таганрогском заливе и затопление дельты Дона..... | 74 |
| <i>Подымов И.С., Подымова Т.М.</i> Монацитовый песок как компонент радиологического риска пляжей Керченско-Гаманских побережий | 83 |
| Решение научно-практической конференции «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (16 – 18 сентября 2015 г., г. Севастополь)..... | 88 |
| Правила оформления статей, подаваемых в сборник научных трудов «Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря»..... | 91 |

В.В.Фомин^{1,2}, Д.И.Лазоренко¹, Д.В.Алексеев¹, А.А.Полозок²

¹Морской гидрофизический институт РАН, г.Севастополь

²Севастопольское отделение

Государственного океанографического института им. Н.Н.Зубова, г.Севастополь

ШТОРМОВЫЕ НАГОНЫ В ТАГАНРОГСКОМ ЗАЛИВЕ И ЗАТОПЛЕНИЕ ДЕЛЬТЫ ДОНА

С использованием численной модели *ADCIRC* + *SWAN* проведены расчеты штормовых нагонов и ветрового волнения в Таганрогском заливе Азовского моря и исследованы механизмы затопления дельты Дона. Модель реализована на неструктурированной сетке с высоким разрешением. В качестве атмосферного форсинга использованы однородные по пространству поля ветра разных направлений и модельные поля ветра, соответствующие шторму 24 – 25 сентября 2014 г. Показано, что затопление дельты Дона происходит при скоростях ветра не менее 15 м/с. Гребни ветровых волн в районе дельты Дона дают добавку в общий подъем уровня моря в пределах ~ 0,3 м.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Азовское море, наводнения, штормовые нагоны, ветровое волнение, численное моделирование, ADCIRC + SWAN, неструктурированные сетки, параллельные вычисления.*

Таганрогский залив Азовского моря характеризуется особой сложностью протекающих здесь гидрологических процессов, которые могут приводить к катастрофическим последствиям. Так, сильные и продолжительные ветры западных румбов формируют в заливе экстремальные штормовые нагоны и интенсивные ветровые волны, приводящие в некоторых случаях к затоплению дельты Дона. Согласно данным натурных наблюдений [1, 2], при наводнениях уровень воды в дельте Дона может повышаться до 3 м и более.

В работах [3, 4] реализована использующая совместную модель *ADCIRC* + *SWAN* [5] технология численного моделирования штормовых нагонов и ветрового волнения в Азовском море на неструктурированных сетках. Валидация модели показала, что она адекватно описывает вариации уровня Азовского моря в период интенсивных штормов. Из-за недостаточно высокого разрешения примененной сетки моделирование затопления-осушения прибрежной зоны в [3, 4] не проводилось. Ниже приводятся результаты моделирования на сетке более высокого разрешения, подробно описывающей батиметрию и топографию дельты Дона, что дает возможность воспроизводить процессы затопления.

Цель настоящей работы – исследование на основе модели *ADCIRC* + *SWAN* характеристик штормовых нагонов и ветрового волнения в Таганрогском заливе и анализ механизмов затопления дельты Дона.

Численная модель. Совместная модель *ADCIRC* + *SWAN* объединяет две известные и хорошо апробированные модели – *ADCIRC* [6, 7] и *SWAN* [8, 9], которые применяются для расчета штормовых нагонов и ветрового волнения. Программные коды *ADCIRC* и *SWAN* выполняются последова-

тельно на одной и той же неструктурированной сетке, используют один и тот же набор *CPU*. В обеих моделях применяется интерфейс передачи сообщений *MPI*, что дает возможность использовать параллельные вычисления.

Исходные уравнения модели *ADCIRC* имеют вид:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - fV = -g \frac{\partial}{\partial x} \left[\eta + \frac{P_a}{g\rho_0} \right] + \frac{\tau_{sx} - \tau_{bx}}{\rho_0 H} + \frac{M_x - D_x}{H}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + fU = -g \frac{\partial}{\partial y} \left[\eta + \frac{P_a}{g\rho_0} \right] + \frac{\tau_{sy} - \tau_{by}}{\rho_0 H} + \frac{M_y - D_y}{H}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} + \tau_0 \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial J_x}{\partial x} + \frac{\partial J_y}{\partial y} - Q_x \frac{\partial \tau_0}{\partial x} - Q_y \frac{\partial \tau_0}{\partial y} = 0, \quad (3)$$

$$\tau_{sx} = \tau_{sx,wind} + \tau_{sx,wave}, \quad \tau_{sy} = \tau_{sy,wind} + \tau_{sy,wave},$$

$$\tau_{sx,wind} = \rho_a C_a W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2}, \quad \tau_{sy,wind} = \rho_a C_a W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2},$$

$$\tau_{bx} = \rho_0 C_d U \sqrt{U^2 + V^2}, \quad \tau_{by} = \rho_0 C_d V \sqrt{U^2 + V^2}.$$

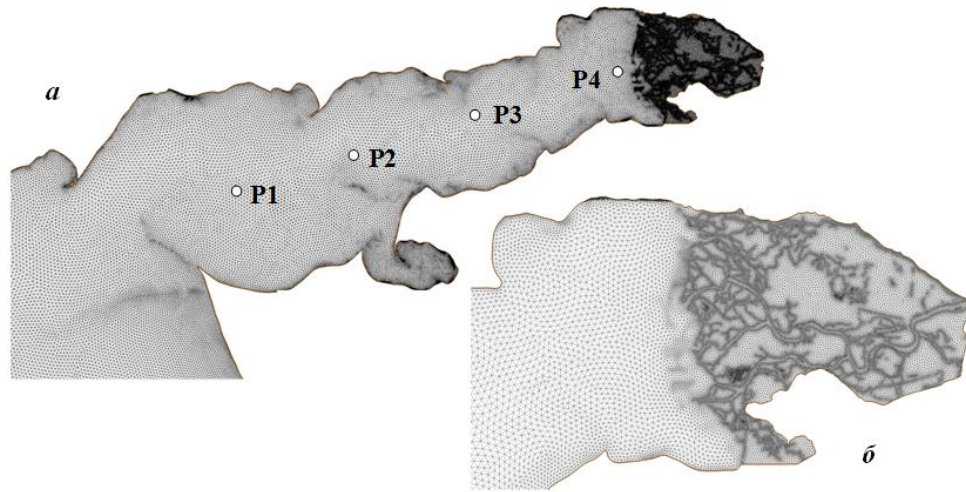
Здесь использованы следующие обозначения: x, y, t – горизонтальные координаты и время; $H = h + \eta$ – динамическая глубина бассейна; η – отклонения свободной поверхности моря от невозмущенного состояния; h – глубина моря; U, V – средние по глубине компоненты вектора скорости течений по осям x и y соответственно; $Q_x = UH, Q_y = VH$ – компоненты вектора полных потоков; W_x, W_y – компоненты вектора скорости приводного ветра по осям x и y соответственно; f – параметр Кориолиса; g – ускорение силы тяжести; P_a – атмосферное давление; ρ_0 – средняя плотность воды; ρ_a – плотность воздуха; $(\tau_{sx,wind}, \tau_{sy,wind})$ и $(\tau_{sx,wave}, \tau_{sy,wave})$ – компоненты напряжений трения, обусловленные ветром и волнами соответственно; τ_{bx}, τ_{by} – компоненты напряжений донного трения; M_x, M_y – горизонтальная турбулентная вязкость; C_a – коэффициент поверхностного трения; C_d – коэффициент донного трения; D_x, D_y, J_x, J_y – некоторые слагаемые, полученные в результате дифференциальных преобразований исходной системы уравнений; τ_0 – весовой множитель, влияющий на фазовые характеристики и устойчивость численного алгоритма.

В основу модели *SWAN* положена концепция частотно-углового спектра $E(x, y, t, \theta, \omega)$, где θ, ω – угловая и частотная координаты. Эволюционное уравнение для определения спектральной плотности волнового действия $N = E/\omega$ имеет следующий вид:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(c_x N) + \frac{\partial}{\partial y}(c_y N) + \frac{\partial}{\partial \theta}(c_\theta N) + \frac{\partial}{\partial \omega}(c_\omega N) = \frac{S}{\omega}. \quad (4)$$

Здесь $c_x, c_y, c_\theta, c_\omega$ – скорости переноса волновой энергии, определяемые на основе метода геометрической оптики [10]. Величина S описывает источники и стоки волновой энергии.

В *SWAN* волновые характеристики вычисляются на основе полей скорости ветра, течений и уровня моря из *ADCIRC*. В свою очередь, в *ADCIRC*



Р и с . 1 . Расчетная сетка для Таганрогского залива (а) и дельты Дона (б).

используются волновые напряжения из *SWAN*, которые определяются соотношениями:

$$\tau_{sx,waves} = -\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}, \quad \tau_{sy,waves} = -\frac{\partial S_{xy}}{\partial x} - \frac{\partial S_{yy}}{\partial y}, \quad (5)$$

где S_{xx} , S_{xy} , S_{yy} – компоненты тензора радиационных напряжений.

Реализация модели. В расчетах использовалась неструктурированная расчетная сетка из 178565 узлов и 348735 треугольных элементов, которая включает Азовское море и Керченский пролив. Минимальный размер ячеек составлял ~ 50 м, максимальный ~ 800 м. Фрагменты расчетной сетки для Таганрогского залива и дельты Дона показаны на рис.1.

Коэффициенты поверхностного и донного трения определялись по формулам:

$$C_a = 0,001 \left(0,75 + 0,067 \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \right), \quad C_d = gn^2 / H^{1/3}, \quad (6)$$

где n – параметр шероховатости Маннинга. В общем случае n является функцией пространственных координат и определяется типом подстилающей поверхности и свойствами почвенно-растительного покрова. В расчетах использовалось два значения n : 0,25 – для морского дна; 0,10 – для суши.

Для параметризации донного трения в *SWAN* применялся метод Гранта-Мадсена [11], в котором масштаб шероховатости донной поверхности определялся соотношением [12]

$$k_N = 30H \exp \left[- \left(1 + 0,4 \frac{H^{1/6}}{n\sqrt{g}} \right) \right]. \quad (7)$$

Шаг интегрирования по времени в *ADCIRC* и *SWAN* составляли 1 с и 600 с соответственно. Весовой множитель τ_0 в уравнении (3) задавался в виде $\tau_0 = 0,03 + 1,5 \cdot C_d \sqrt{U^2 + V^2} / H$.

На жидкой границе расчетной области (южная граница Керченского пролива) ставилось условие излучения. Как показали предварительные чис-

ленные эксперименты, характерные величины расхода р.Дон в рассматриваемых масштабах времени не оказывают заметного влияния на исследуемые процессы. По этой причине сток р.Дон в расчетах не учитывался.

Модель *ADCIRC* включает два задаваемых параметра: глубину моря, при которой расчетная ячейка считается «неактивной» и не участвует в вычислениях; пороговое значение скорости течений, при котором ячейка «открывается» для заполнения. Следуя [13], эти параметры принимались равными 0,01 м и 0,01 м/с соответственно.

Результаты и обсуждение. В рамках используемой совместной модели полный уровень моря складывается из двух компонент. Первая компонента *SL* – вариации уровня, обусловленные суммарным действием касательных напряжений ветра, градиентов атмосферного давления и волновых напряжений из модели *ADCIRC*, т.е. η . Вторая компонента *CW* – высота гребней ветровых волн из модели *SWAN*. Высоту гребней можно в первом приближении оценить как $H_s/2$, где H_s – высота значительных волн. Таким образом, для оценки полного уровня моря можно принять величину $TSL = SL + CW$.

С прикладной точки зрения представляет интерес максимум величины *TSL* за период времени, соответствующий штормовой ситуации. Композитный параметр *maxTSL* дает возможность более адекватно идентифицировать зоны затопления. Поскольку *SL* может менять знак, то время наступления максимума *TSL* не всегда очевидно и определяется разностью фаз между максимумами *SL* и *CW*.

Однородный по пространству ветер. В первой серии численных экспериментов исследовалась генерация штормовых нагонов в Таганрогском заливе однородным по пространству ветром. Расчеты проводились из состояния покоя ($U = V = 0, \eta = 0$ при $t = 0$). При $t > 0$ на поверхность бассейна начинал действовать ветер, скорость которого за 12 ч линейно возрастала от 0 до своего максимального значения (W_0) равного 15 м/с и далее оставалась неизменной на протяжении 36 ч. Рассматривалось семь направлений ветра θ : 0, 15, 30, 45, 60, 330, 345° (направление ветра отсчитывается относительно направления на восток против часовой стрелки).

Как показал анализ результатов моделирования, наиболее опасные штормовые нагоны возникают при $\theta = 30^\circ$. Это обусловлено тем, что ветер дует вдоль оси залива и имеет максимальный разгон. Далее для $\theta = 30^\circ$ были выполнены более детальные расчеты, в которых максимальная скорость ветра W_0 варьировалась в пределах 10 – 18 м/с.

На рис.2 показаны зоны максимального затопления дельты Дона для четырех значений W_0 . При построении этих карт учитывались все ячейки сетки, которые были затоплены в процессе расчетов хотя бы в один момент времени.

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что при $W_0 \leq 14$ м/с затопления дельты практически не происходит. При $W_0 = 15$ м/с в северной части дельты Дона возникает небольшой очаг затопления (~ 10 % от общей площади дельты). Дальнейшее увеличение параметра W_0 приводит к резкому возрастанию площади затопления дельты. Так, при $W_0 = 16$ м/с затопленной оказывается ~ 60 % территории дельты, а при $W_0 \geq 17$ м/с – более 80 %. Для всех рассматриваемых значений W_0 незатопленной оказывается лишь небольшая возвышенность в центральной части дельты.



Р и с . 2 . Зоны максимального затопления дельты Дона при $\theta = 30^\circ$ и скоростях ветра $W_0 = 10$ (а); 14 (б); 15,5 (в); 17 (г) м/с.

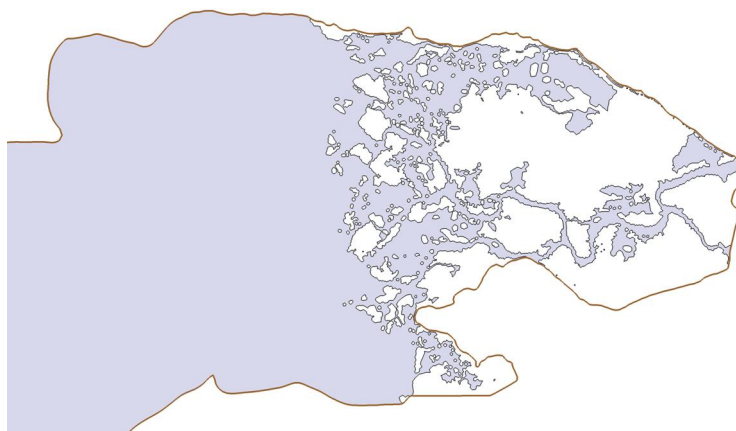
Реальная штормовая ситуация. Далее было выполнено моделирование реальной штормовой ситуации, возникшей в Азовском море 24 – 25 сентября 2014 г. и вызвавшей катастрофическое затопление дельты Дона и побережья Таганрогского залива. Согласно [2], в течение всего 1 – 1,5 часов произошла резкая смена направления ветра в Таганрогском заливе с юго-юго-восточного на юго-юго-западное. При этом сильный сгон в заливе стремительно сменился экстремальным нагоном. В пик развития шторма скорость подъема уровня моря в приустьевой зоне достигала 1 м/ч.

В качестве атмосферного форсинга использовались поля приводного ветра и атмосферного давления за 20 – 26 сентября 2014 г. с шагом 7 км по пространству и дискретностью 3 ч по времени из атмосферной модели *WRF* с сайта *ecobase.org.ua*. По данным атмосферной модели максимальная скорость ветра в районе дельты Дона достигала 17 – 19 м/с. При этом средняя скорость ветра находилась в пределах 7,5 – 8,5 м/с.

Моделирование течений, уровня моря и ветровых волн проводилось с нулевыми начальными условиями на срок 6 суток. Время «раскрутки» модели *ADCIRC* составляло 1 сутки. На рис.3 приведено распределение зон максимального затопления дельты Дона в период шторма. Как видно, полученный результат наиболее близок к гипотетическому случаю, показанному на рис.2, в.

Было проведено два численных эксперимента. В первом эксперименте отключались связи между моделями *ADCIRC* и *SWAN* и, таким образом, механизмы взаимодействия между ветровыми волнами и циркуляцией вод не учитывались. Во втором эксперименте эти механизмы были включены.

На рис.4 показаны графики зависимостей от времени уровня моря *SL*, высоты гребня ветровых волн *CW* и полного уровня моря *TSL* в 4-х характерных точках, лежащих на оси Таганрогского залива. Положение и номера точек



Р и с . 3 . Зоны максимального затопления дельты Дона в период шторма 24 – 25 сентября 2014 г.

показаны на рис.1, а. Аббревиатура *NC* – расчеты без механизмов взаимодействия, аббревиатура *CP* – расчеты с механизмами взаимодействия. На основе сопоставления результатов этих экспериментов выявлены некоторые особенности влияния ветровых волн на штормовые нагоны и штормовых нагонов на ветровые волны.

Как показывает анализ кривых *SL*, на протяжении первых 3,5 суток в заливе происходил общий спад уровня моря и на его фоне формировались затухающие колебания с периодами ~ 12 – 15 ч. Далее 24 сентября в первой половине дня начался быстрый подъем уровня моря, обусловленный резкой сменой направления ветра со сгонного на нагонное. При этом по мере приближения к вершине залива время наступления максимального подъема уровня увеличивалось (в точке P1 максимальный подъем уровня произошел в 14 ч, в точке P4 – в 18 ч).

Как видно, в анализируемых точках максимумы кривых *SL* для вариантов *CP* на 5 – 6 см больше соответствующих максимумов кривых *SL* для вариантов *NC*. Таким образом, для рассматриваемой акватории вклад волновых напряжений в полное возвышение уровня моря незначителен. Этот результат вполне согласуется с классическими представлениями о малой величине волнового нагона (*setup*) в бассейнах с отмелым дном, каковым является Таганрогский залив.

Учет взаимодействий между ветровыми волнами и циркуляцией вод приводит к интенсификации волнения в заливе. В результате происходит рост высоты гребней ветровых волн, и увеличивается полный уровень моря. Чем ближе точка к вершине залива, тем более заметный вклад дает волнение в максимальные значения *TSL* (в точке P4 вклад *CW* в полный уровень моря достигает ~ 0,3 м).

Отметим, что для Таганрогского залива типичны участки дна с глубинами 1 – 2 м, где ветровое волнение не может быть значительным вследствие обусловленных донным трением сильных диссипативных эффектов. В то же время при подъемах уровня моря на 1,5 – 2 м и более локальные глубины здесь могут увеличиваться фактически в 2 раза.

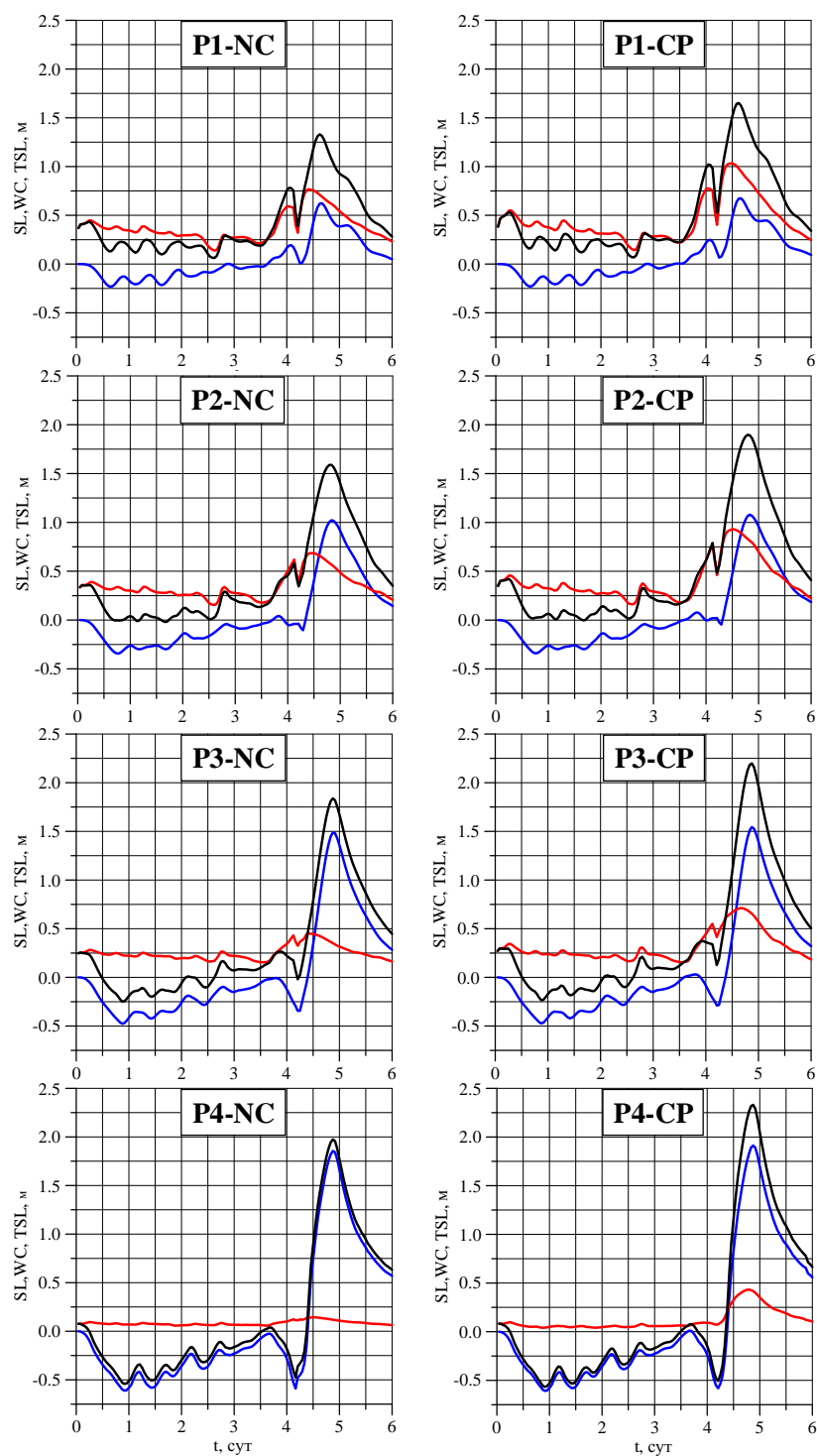


Рис. 4. Зависимости от времени величин SL (голубой цвет), WC (красный цвет), TSL (черный цвет) в точках P1, P2, P3 и P4, показанных на рис.1, а.

Понятно, что ветровые волны на глубинах 3 – 4 м будут иметь большие высоты по сравнению с ветровыми волнами на глубинах 1 – 2 м. Иными словами, учет ветрового нагона создает условия для интенсификации ветрового волнения в заливе вследствие общего подъема уровня моря. Естественно предположить, что именно сочетание сильных ветровых нагонов и возникающих на их фоне интенсивных ветровых волн является одним из главных механизмов формирования экстремальных подъемов уровня Таганрогского залива.

Заключение. С помощью модели *ADCIRC + SWAN* выполнено численное моделирование штормовых нагонов и ветрового волнения в Таганрогском заливе Азовского моря и исследованы механизмы затопления дельты Дона. Расчеты проведены на неструктурированной сетке с высоким разрешением. В качестве атмосферного форсинга использованы однородные по пространству поля ветра разных направлений и модельные поля ветра из атмосферной модели, соответствующие шторму 24 – 25 сентября 2014 г. Анализ результатов показал следующее.

Наиболее интенсивное затопление дельты Дона возникает при направлении ветра западное – юго-западное. Процесс затопления дельты Дона начинается происходить при скоростях ветра ~ 15 м/с и более.

Моменты наступления максимумов волнения и максимальных подъемов уровня моря во время шторма 24 – 25 сентября 2014 г. смещены по фазе. Вклад волновых напряжений в вариации уровня моря незначителен (~ 5 см).

Наиболее значимый эффект – интенсификация ветрового волнения в Таганрогском заливе вследствие общего подъема уровня моря. Установлено, учет нагона приводит к повсеместному увеличению высот волн. При шторме 24 – 25 сентября 2014 г. гребни ветровых волн в районе дельты Дона дают добавку в общий подъем уровня моря в пределах ~ 0,3 м.

Благодарности. Исходные коды модели *ADCIRC + SWAN* для академических исследований любезно предоставлены *Crystal Fulcher (UNC-Institute of Marine Sciences, NC)*.

Модельные расчеты проводились на вычислительном кластере МГИ и суперкомпьютере МГУ «Ломоносов».

Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ (грант 15-05-06382 А).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матишов Г.Г., Чикин А.Л., Бердников С.В., Швердяев И.В., Клеценков А.В., Кириллова Е.Э. Экстремальное затопление дельты Дона весной 2013 г.: хронология, условия формирования и последствия // Вестн. Южного научного центра РАН.– 2014.– т.10, № 1.– С.17-24.
2. Матишов Г.Г. Керченский пролив и дельта Дона: безопасность коммуникаций и населения // Вестн. Южного научного центра РАН.– 2015.– т.11, № 1.– С.6-15.
3. Фомин В.В., Полозок А.А. Технология моделирования штормовых нагонов и ветрового волнения в Азовском море на неструктурированных сетках // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013.– вып.27.– С.139-145.
4. Fomin V.V., Polozok A.A., Kamyshnikov R.V. Wave and storm surge modelling for

Sea of Azov with use of ADCIRC + SWAN // Collection of articles of the II Intern. Conf. "Geoinformation Sciences and Environmental Development: New Approaches, Methods, Technologies".– Rostov-on-Don, 2014.– P.111-116.

5. *Dietrich J.C., Zijlema M., Westerink J.J., Holthuijsen L.H., Dawson C., Luetich R.A., Jensen Jr.R., Smith J.M., Stelling G.S., Stone G.W.* Modeling hurricane waves and storm surge using integrally-coupled, scalable computations // *Coastal Engineering*.– 2011.– v.58, iss.1.– P.45-65.
6. *Luetich R.A., Westerink J.J., Scheffner N.W.* ADCIRC: an advanced three-dimensional circulation model for shelves coasts and estuaries, report 1: theory and methodology of ADCIRC-2DDI and ADCIRC-3DL.– Dredging Research Program Technical Report DRP-92-6.– U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station.– Vicksburg, MS, 1992.– 137 p.
7. *Luetich R.A., Westerink J.J.* Formulation and numerical implementation of the 2D/3D ADCIRC; 2004. http://adcirc.org/adcirc_theory_2004_12_08.pdf
8. *Booij N., Ris R.C., Holthuijsen L.H.* A third-generation wave model for coastal regions. Model description and validation // *J. Geophys. Res.*– 1999.– 104(C4).– P.7649-7666.
9. *Zijlema M.* Computation of wind-wave spectra in coastal waters with SWAN on unstructured grids // *Coastal Engineering*.– 2010.– v.57, iss.3.– P.267-277.
10. *Holthuijsen L.H.* Waves in oceanic and coastal waters.– Cambridge: Cambridge University Press, 2007.– XVI.– 387 p. <http://www.cambridge.org/9780521860284>.
11. *Grant W.D., Madsen O.S.* Movable bed roughness in unsteady oscillatory flow // *J. Geophys. Res.*– 1982.– v.87.– P.469-481.
12. *Kerr P.C., Martyr R.C., Donahue A.S., Hope M.E., Westerink J.J., Luetich R.A., Kennedy A.B., Dietrich J.C., Dawson C., Westerink H.J.* U.S. IOOS coastal and ocean modeling testbed: Evaluation of tide, wave and hurricane surge response sensitivities to mesh resolution and friction in the Gulf of Mexico // *J. Geophys. Res. Oceans*.– 2013.– 118.– P.4633-4661, doi:10.1002/jgrc.20305.
13. *Dietrich J.C., Kolar R.L., Luetich R.A.* Assessment of ADCIRC's Wetting and Drying Algorithm // *Proc. XV Intern. Conf. on Computational Methods in Water Resources*.– 2004.– v.2.– P.1767-1777.

Материал поступил в редакцию 08.11.2015 г.

V.V.Fomin, D.I.Lazorenko, D.V.Alekseev, A.A.Polozok

STORM SURGE IN THE TAGENROG BAY AND FLOODING OF THE DON DELTA

Mechanisms of the Don estuary flooding were studied using numerical models ADCIRC + SWAN calculations of storm surges and wind waves in the Taganrog Bay of the Sea of Azov. The model was implemented on unstructured high resolution grid. Spatially homogeneous wind field of different directions and the wind field model corresponding to the storm on 24-25 September 2014 were used as the atmospheric forcing. It was demonstrated that the flooding takes place at wind speeds of at least 15 ms^{-1} and wind waves crests add approximately 0,3 m to the overall rise of sea level in the area of the Don estuary.