

# ДИАГНОЗ И ПРОГНОЗ НАВОДНЕНИЯ В ТАГАНРОГЕ ПО ОПЕРАТИВНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

*С.К. Попов, А.Л. Лобов*

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр  
Российской Федерации;  
lmpi@yandex.ru*

## **Трехмерная гидродинамическая модель для расчета уровня в Азовском море**

Численное моделирование уровня Азовского моря выполнялось с применением двухмерных моделей, позволяющих описывать распространение поверхностных длинных гравитационных волн [8] и трехмерных бароклинных моделей [9].

В данной работе для расчета уровня Азовского моря применяется трехмерная гидродинамическая модель, позволяющая воспроизводить штормовые нагоны и приливы [1–5]. Модель основана на системе уравнений геофизической гидродинамики со свободной поверхностью в приближении гидростатики и Буссинеска в прямоугольной системе координат [1]. Движение в море вызывается заданными на поверхности моря градиентами атмосферного давления и касательными напряжениями трения ветра. В модели учитываются стоки рек Дон и Кубань, которые задаются в замыкающих створах. В месте впадения рек задается скорость течения воды по нормали к жидкой границе, тангенциальная составляющая скорости реки равна нулю.

Пространственная аппроксимация выполняется с использованием метода интегрирования и интерполяции. По горизонтальным переменным используется сетка  $C$  по терминологии Аракавы. По времени используется явная схема со сдвигом, когда скорости

течений определяются на четном, а уровень на нечетном шаге по времени, за исключением неявной аппроксимации процесса вертикального турбулентного обмена.

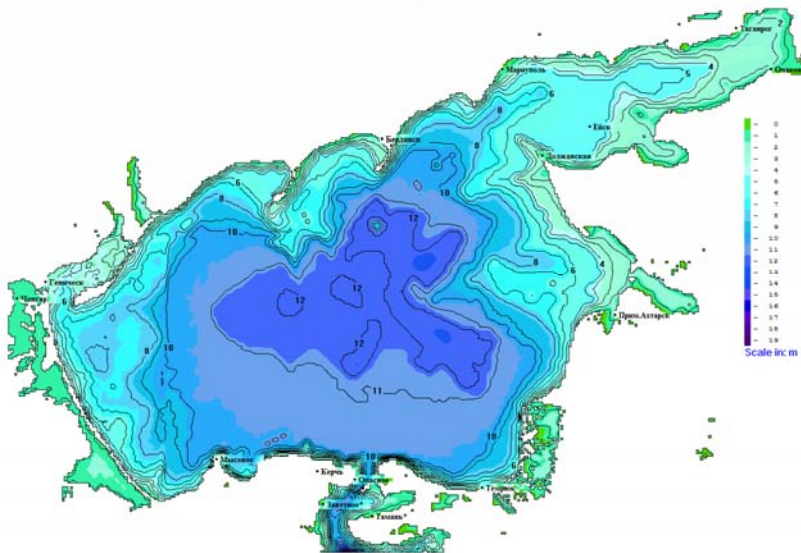
В модели используется переменная по пространству толщина придонной ячейки. В отличие от многих глобальных моделей циркуляции, где рельеф дна задан с точностью до глубины расчетного горизонта, в данной модели толщина придонного слоя изменяется по пространству и зависит от глубины места [1]. В придонных ячейках толщина постоянна по времени, но различна по пространству, что позволяет правильно описывать рельеф дна, от которого, в свою очередь, зависит скорость движения нагонной волны и время наступления пика нагона. Придонное трение зависит от величины придонной скорости течения, что является преимуществом трехмерной модели по сравнению с двухмерными моделями, где придонное трение зависит от средней по толщине воды скорости течения. Сочетание подробного описания рельефа дна с более точной, чем в двумерных моделях, аппроксимацией придонного трения в конечном итоге приводит к более точному воспроизведению скорости движения поверхностной гравитационной волны, что дает хорошее совпадение по времени с наблюдаемыми пиками наступления наводнения.

Программа расчета представляет собой реализацию решения системы дифференциальных уравнений в частных производных с помощью конечных разностей. Текст программы написан на языке FORTRAN. Программа поддерживает распараллеливание в модели общей памяти с помощью технологии OpenMP [4].

Входными данным для модели являются поля давления и ветра по данным метеорологического прогноза COSMO с разрешением примерно 7 км по горизонтали. Выходными данными являются трехмерное поле скоростей течений и уровень Азовского моря с разрешением по горизонтали 926 м.

В статье приведено сравнение результатов расчетов по модели Азовского моря с пространственным разрешением 2 и 0,5 (рис. 1) морских миль. Сетка Азовского моря включает рельеф окружающей море суши на случай осушения и затопления территорий; алгоритм учета осушения и затопления успешно

применялся при расчетах штормовых нагонов в Каспийском море [2]. Пространственное разрешение модели по вертикальной координате 2 метра.



**Рис. 1. Расчетная 0,5-мильная сетка и батиметрия Азовского моря.**

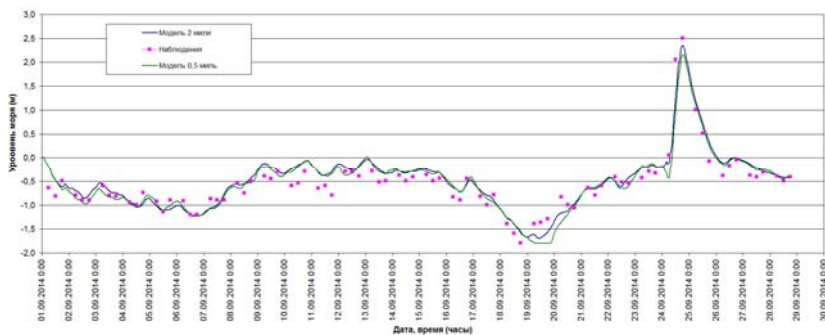
### **Диагностический расчет наводнения в сентябре 2014 года в Таганроге**

Для проведения диагностического расчета необходимо было создать непрерывный ряд атмосферных полей давления и скорости ветра на сетке Азовского моря в течение сентября 2014 года. Этот непрерывный ряд был собран из прогнозов атмосферы по модели COSMO, поступающих два раза в сутки в сроки 00 и 12 ч с заблаговременностью 0, 3, 6, 9 часов. Таким образом, диагностический атмосферный форсинг составлен из прогностических полей 0 и 12-часового прогнозов по модели COSMO (7 км).

Были проведены непрерывные (без коррекции) расчеты уровня моря по заданному на поверхности моря атмосферному воздействию (ветер и давление) в течение 720 часов, которые можно

интерпретировать как прогнозы уровня моря на срок один месяц, если бы прогноз атмосферного давления на один месяц был известен. Прогноза на месяц нет, имеющиеся атмосферные модели дают прогноз примерно на 5 суток. Доступные благодаря системе АСООИ прогнозы атмосферы по модели COSMO (7 км) на 48 ч с дискретностью 3 ч используются для расчетов Азовского моря. Прогнозы атмосферы накапливаются в архивной базе данных и затем используются для диагностических расчетов. Непрерывный ряд атмосферных полей в течение одного месяца, собранный из накопленных прогнозов атмосферы на 0–9 ч, является диагностическим, и расчеты по этому ряду являются диагностическими расчетами. Если считать, что атмосферная модель идеальна, то в диагностическом расчете уровня моря на один месяц остаются еще ошибки собственно морской модели.

Расчеты на один месяц были проведены на сетках с горизонтальным разрешением 2 и 0,5 мили, начальное поле уровня Азовского моря было задано постоянным и равным нулю по всей площади моря, начальные скорости течений равны нулю. Результаты сравнения расчетов уровня моря с наблюдениями представлены на рис. 2.



**Рис. 2. Уровень моря для пункта Таганрог в течение сентября 2014 года.**

Уровень моря при расчетах на различных сетках очень хорошо совпадает, но на более грубой сетке максимальный уровень во время пика наводнения ближе к наблюдаемому.

Наблюдения за уровнем моря в Таганроге поступают три раза в сутки в 6, 12, 18 ч. Сравнение с наблюдениями выполнено в течение 28 суток (1–28 сентября 2014 г.), всего использовано 84 значения наблюдений. Представление о количественных характеристиках точности расчетов дано в табл. 1, где приведены критерии точности прогнозов, принятые в Росгидромете [6]. К ним относятся:  $A_0$  – абсолютная ошибка расчетов, или MAE – Mean Average Error (см);  $O_t\%$  – относительная ошибка расчетов; SKOd – среднеквадратическое отклонение наблюдений от среднего; SKOm – среднеквадратическое отклонение расчетов от среднего; SKO(d-m) – среднеквадратическая ошибка расчетов; SKO(d-m)% – отношение в % SKO(d-m) к SKOd наблюдений;  $R_{cor}$  – коэффициент корреляции между данными наблюдений и моделирования.

Кроме того, в таблице приводится колонка с обозначением  $< 0,674\sigma$  – процент расчетов, не выходящих за определенный предел, т. е. оправдываемость расчета (прогноза) в процентах [6, 7]. Согласно требованиям [7], для краткосрочных и среднесрочных прогнозов в качестве предельного значения допустимой ошибки принимается величина, не превышающая  $\pm 0,674\sigma$ , где  $\sigma = SKOd$ . Если значение оправдываемости 93 % и выше, то такой прогноз получает оценку отлично, менее 93 % до 87 % включительно – хорошо, менее 87 % до 80 % включительно – удовлетворительно и менее 80 % – неудовлетворительно.

*Таблица 1*

**Оценка точности расчетов уровня моря (см) по модели в сентябре 2014 г. в Таганроге**

Разрешение модели	Max-d	Min-d	SKOd ( $\sigma$ )	Max-m	Min-m	SKOm	$A_0$	$O_t\%$	SKO(d-m)	SKO(d-m)%	$< 0,674\sigma$	$R_{cor}$
2 m	251	-179	60,6	235	-168	60,6	16,3	3,8	20,8	34,3	96,4	0,947
0,5 m	251	-179	60,6	215	-180	59,8	17,4	4	23,5	38,8	91,7	0,925

Из столбца  $< 0,674\sigma$  табл. 1 видно, что оправдываемость расчета по модели с разрешением 2 мили равна 96 % (отлично), а по модели с разрешением 0,5 мили 92 % (хорошо). Коэффициент корреляции 0,95 для 2-мильной сетки и 0,93 для 0,5-мильной сетки, что свидетельствует о высокой линейной связи между прогнозируемыми и наблюдаемыми значениями уровня моря.

### Прогнозы уровня моря на 48 часов в течение сентября 2014 года в Таганроге

Прогнозы уровня моря с заблаговременностью 48 ч рассчитывались по оперативной модели два раза в сутки в сроки 00 и 12 ч. Модельный уровень моря записывался с дискретностью один час на 16 станциях Азовского моря. Всего за 25 суток сравниваются с наблюдениями 50 прогнозов. Наблюдения за уровнем в Таганроге поступают 3 раза в сутки в 6, 12, 18 ч. На рис. 3 и 4 представлены прогнозы уровня моря в Таганроге, полученные в расчетах на 2 и 0,5-мильной сетках.

Уровень моря в прогнозе пика наводнения на 0,5-мильной сетке ближе к наблюдениям, чем в прогнозе на 2-мильной сетке. Это ожидаемый результат, в отличие от диагностического расчета, когда максимум уровня моря на более грубой сетке превысил максимум уровня на более мелкой сетке.

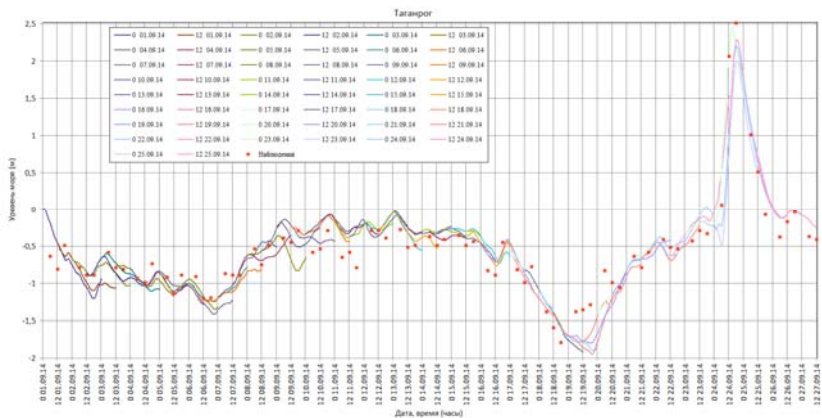
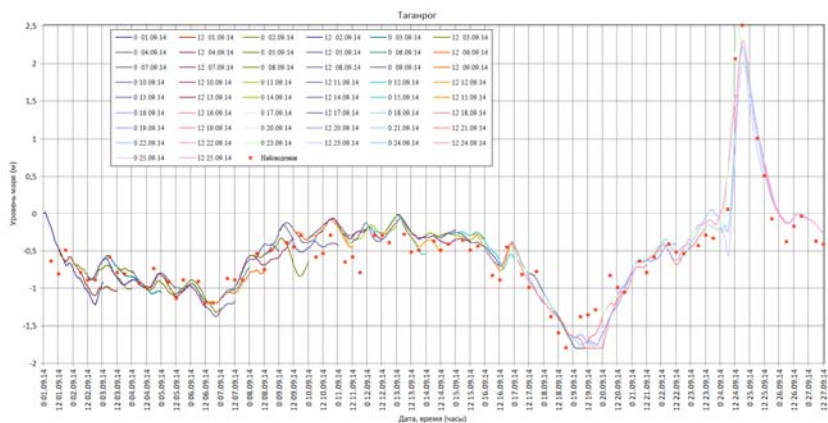


Рис. 3. Прогнозы уровня моря на 2-мильной сетке в Таганроге в течение сентября 2014 г.



**Рис. 4. Прогнозы уровня моря на 0,5-мильной сетке в Таганроге в течение сентября 2014 г.**

С наблюдениями сравниваются 25 прогнозов в 00 ч для 6 значений наблюдений в 6, 12, 18, 30, 36, 42 ч и 25 прогнозов в 12 ч сравнивается для 7 значений наблюдений в 0, 6, 18, 24, 30, 42, 48 ч. Количественные характеристики сравнения с наблюдениями 25 прогнозов в срок 00 ч и 25 прогнозов в срок 12 ч для различных заблаговременностей представлены в табл. 2 и 3.

*Таблица 2*

**Оценка точности прогнозов в срок 0 ч на 0,5-мильной сетке в сентябре 2014 г. в Таганроге**

Заблаговременность, ч	Max-d	Min-d	CKOd ( $\sigma$ )	Max-m	Min-m	CKOm	Ao	Of%	CKO(d-m)	CKO(d-m)%	<0.674 $\sigma$	Rcor
6	101	-139	46	114	-161	52,4	16,3	6,8	20,3	44,1	96	0,93
12	206	-159	68,1	116	-172	59,3	19,3	5,3	26,1	38,3	96	0,931
18	251	-179	72,6	222	-175	71,7	15,6	3,6	20	27,5	92	0,963
30	101	-139	46,1	103	-175	57,1	16,7	6,9	22,9	49,7	92	0,928
36	206	-159	68,6	223	-173	74,1	16,2	4,4	19	27,7	100	0,972
42	251	-179	73,3	214	-180	73,9	21,5	5	26,7	36,4	88	0,935

Таблица 3

**Оценка точности прогнозов в срок 12 ч на 0,5-мильной сетке  
в сентябре 2014 г. в Таганроге**

Заблаговременность, ч	Max-d	Min-d	CKOd ( $\sigma$ )	Max-m	Min-m	CKOm	Ao	O $\rho$ %	CKO(d-m)	CKO(d-m)%	<0.674 $\sigma$	Rcor
0	206	-159	68,1	116	-172	59,3	19,3	5,3	26,1	38,3	96	0,931
6	251	-179	72,6	230	-160	71,9	15,4	3,6	19,1	26,3	96	0,969
18	101	-139	46,1	112	-168	52,3	16,8	7	21,9	47,5	96	0,908
24	206	-159	68,6	88	-180	58,5	18,2	5	29	42,3	92	0,908
30	251	-179	73,3	202	-180	72	17,9	4,2	23,5	32,1	88	0,949
42	101	-139	46,1	84	-180	57,6	19,8	8,3	25,1	54,4	84	0,907
48	206	-159	68,4	159	-180	66	15,5	4,2	19,6	28,7	92	0,958

Оценка точности прогнозов по модели в срок 0 ч с заблаговременностью 12 ч (вторая строчка табл. 2) совпала с оценкой точности прогнозов по модели в срок 12 ч с заблаговременностью 0 ч (первая строчка табл. 3). Это произошло потому, что в качестве начального условия для прогноза в срок 12 ч используется значение уровня заблаговременностью 12 ч из прогноза в срок 00 ч. Все прогнозы в течение 25 суток выполнялись без какой-либо коррекции данными наблюдений. Начальное значение уровня для первого прогноза в 00 ч 1 сентября 2014 г. равнялось нулю. После расчета первого прогноза полученное на 12 ч поле уровня моря используется в качестве начального условия для расчета второго прогноза и так далее в течение 25 суток.

По существу, поскольку уровень не корректируется наблюдениями, начальное поле модельного уровня не совпадает с наблюдениями, т. е. уровень в начале прогноза не равен наблюдаемому уровню. Представляется, что ошибка расчета уровня моря, во-первых, должна расти с течением времени, поскольку расчеты никак не корректируются наблюдениями за уровнем. Во-вторых, первые прогнозы даже хуже совпадают с наблюдениями, поскольку стартуют с постоянного по всей площади моря и равного нулю



уровня моря, которое никак не согласовано с наблюдениями. Через некоторое время после начала расчета по модели поле уровня моря изменяется, реагируя на внешние атмосферные воздействия, а расчеты прогнозов по модели начинаются не с нулевого, а с подстроенного под атмосферу поля уровня моря, которое лучше соответствует природе.

Если из каждого прогноза взять только первые 12 часов и собрать непрерывный ряд, то получится почти диагноз, поскольку при расчете первых 12 часов для каждого прогноза используются атмосферные поля на 0, 3, 6, 9, 12 ч, а диагностический расчет выполняется по атмосферным полям на 0, 3, 6, 9 ч. Кроме 12-часового атмосферного поля, поля внешнего атмосферного воздействия совпадают. На рисунках диагноза и прогнозов (рис. 2–4) общий ход расчетного уровня совпадает, поскольку первые четыре поля атмосферного прогноза совпадают с диагностическими полями.

Статистические характеристики для каждой заблаговременности определяются путем сравнения с 25 значениями наблюдений за уровнем, поскольку сравниваются 25 прогнозов, составленных в срок 00 ч и 25 прогнозов в срок 12 ч. Значение  $\sigma$ , полученное по 25 значениям наблюдений, изменяется от 46 до 73 см в зависимости от выборки 25 значений наблюдений из всего ряда наблюдений, состоящего из 84 значений. Расчет оправдываемости с использованием разных значений  $\sigma$  для разных заблаговременностей приводит к получению оправдываемости, зависящей от  $\sigma$ ; например, оправдываемость 0-часовых прогнозов при расчете с использованием  $\sigma$ , полученным по ограниченной выборке, изменяется от 80 до 100 %. Поэтому при вычислении допустимой ошибки прогноза, необходимой для расчета оправдываемости прогнозов, значение  $\sigma$  взято равным значению, полученному в диагнозе по 84 значениям наблюдений и равному 60,6 см. Допустимая ошибка диагностических и прогностических расчетов одинакова и составляет  $0,674\sigma = 40$  см.

При расчетах оправдываемости уровня моря в прогнозах использовалось значение допустимой ошибки 40 см. Поля уровня моря заблаговременностью 6, 18, 30 и 42 ч обеспечены 50 прогнозами, поэтому являются более репрезентативными. Если

проследить за изменением оправдываемости с ростом заблаговременности, то получим снижение 96 % (6 ч), 94 % (18 ч), 90 % (30 ч), 86 % (42 ч) в расчетах по модели на 0,5-мильной сетке.

При заблаговременности 6 и 18 часов на 2-мильной сетке (табл. 4, 5) оправдываемость прогнозов 94 % (6 ч) и 92 % (18 ч) на 2 % ниже, чем на 0,5-мильной сетке.

Таблица 4

**Оценка точности прогнозов в срок 0 ч на 2-мильной сетке  
в сентябре 2014 г. в Таганроге**

Заблаговременность, ч	Max-d	Min-d	CKOd ( $\sigma$ )	Max-m	Min-m	CKOm	Ao	Ot%	CKO(d-m)	CKO(d-m)%	<0.674 $\sigma$	Rcor
6	101	-139	46	117	-170	54,3	17,3	7,2	21,2	46,1	92	0,927
12	206	-159	68,1	110	-177	60,2	19,8	5,4	27,2	40	92	0,92
18	251	-179	72,6	220	-180	72,7	16	3,7	20,6	28,4	92	0,96
30	101	-139	46,1	106	-178	58,6	17,3	7,2	23,9	51,8	92	0,925
36	206	-159	68,6	215	-179	74,2	15,9	4,4	19	27,7	96	0,97
42	251	-179	73,3	216	-187	75,3	21,6	5	27,2	37	88	0,935

Таблица 5

**Оценка точности прогнозов в срок 12 ч на 2-мильной сетке  
сентябре 2014 г. в Таганроге**

Заблаговременность, ч	Max-d	Min-d	CKOd ( $\sigma$ )	Max-m	Min-m	CKOm	Ao	Ot%	CKO(d-m)	CKO(d-m)%	<0.674 $\sigma$	Rcor
0	206	-159	68,1	110	-177	60,2	19,8	5,4	27,2	40	92	0,92
6	251	-179	72,6	228	-167	72,9	15,4	3,6	19,8	27,2	96	0,965
18	101	-139	46,1	115	-175	54,3	18	7,5	22,4	48,6	92	0,913
24	206	-159	68,6	83	-186	59,5	19,1	5,2	30,4	44,3	92	0,898
30	251	-179	73,3	200	-193	73,5	19,8	4,6	25,4	34,7	88	0,943
42	101	-139	46,1	88	-185	59,5	21,3	8,9	26,8	58,1	84	0,904
48	206	-159	68,4	155	-192	67,5	16,5	4,5	21,5	31,5	92	0,95

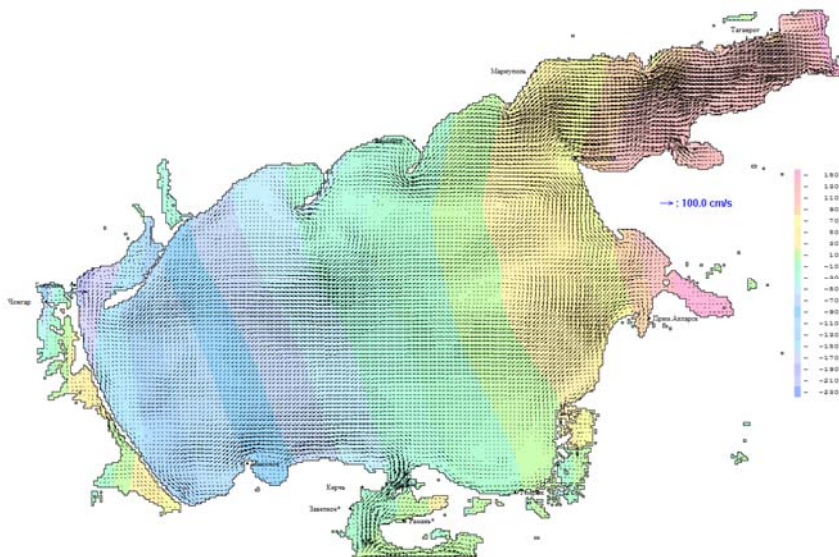
При заблаговременности 30 и 42 часов на 2-мильной сетке оправдываемость прогнозов совпадает с оправдываемостью прогнозов на 0,5 мильной сетке. Качество прогнозов при расчетах на 0,5-мильной сетке оказалось выше, чем с использованием более грубой 2-мильной сетки

### **Прогнозы во время наводнения 24 сентября 2014 года в Таганроге**

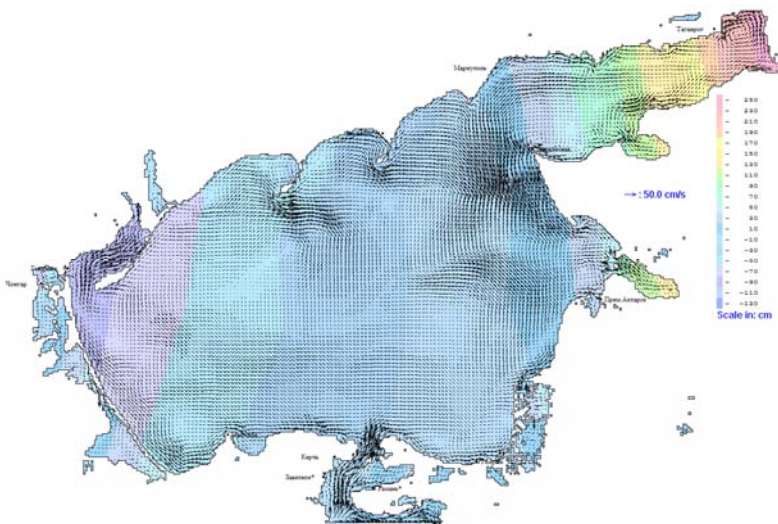
Катастрофическое наводнение в Таганроге произошло 24 сентября 2014 года. Пик нагона, зафиксированный по наблюдениям, наступил в 18 ч 24 сентября, когда уровень моря поднялся на 251 см. Нагон начался в 6 ч 24 сентября (уровень моря 6 см) и закончился в 18 ч 25 сентября (-7 см), период роста уровня 12 часов, период спада уровня 24 часа, продолжительность нагона составила 36 часов. Время наступления максимума уровня в наводнении было предсказано по модели во всех четырех прогнозах, включающих время наступления пика наводнения. В 00-часовых прогнозах максимум предсказан в срок 00 ч 23 и 24 сентября (заблаговременность 42 и 18 ч), в 12-часовых прогнозах в срок 12 ч 23 и 24 сентября (заблаговременность 30 и 6 ч). Все четыре прогноза успешные, максимумы уровня моря, полученные по модели, превысили 2 м и составили 214 см (заблаговременность 42 ч), 202 см (30 ч), 222 см (18 ч) и 230 см (6 ч). Сравнилось значение уровня моря только на момент наблюдения (18 ч), а наблюдения имеются с дискретностью 6 часов. Расчет по модели записан с дискретностью один час, но данных наблюдений с дискретностью один час нет. Максимум уровня моря, полученный в прогнозе в срок 00 ч 23 сентября (заблаговременность 42 ч) составил 249 см в 14 ч 24 сентября, но наблюдения на этот момент времени отсутствуют, вполне возможно, что пик нагона наступил в это время. Точность расчета величины максимума пика наводнения очень высокая, пик нагона составил 251 см по наблюдениям и 249 см в прогнозе по модели.

Процесс развития опасного нагона показан на рис. 5–7, где представлены скорости течения и уровень моря за 6 часов до пика наводнения, во время пика наводнения и через 12 часов после наступления пика наводнения.

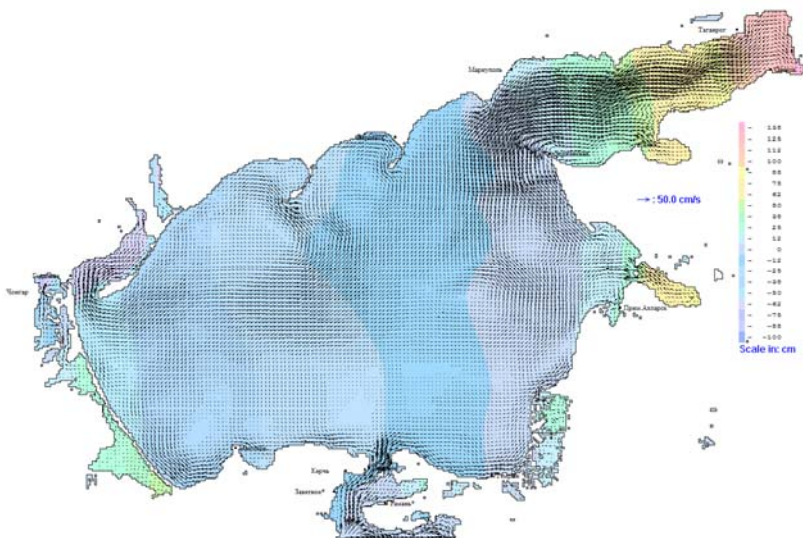
Картина скорости течений во время роста уровня моря, когда скорости течений в Таганрогском заливе по направлению совпадают со скоростью ветра (рис. 5, 8), вполне ожидаемая. Во время наступления максимума уровня моря скорости течения в Таганрогском заливе только у берегов направлены в сторону ветра, а в середине залива скорости течения направлены уже против ветра. Это происходит потому, что градиентные течения, вызванные наклоном уровня моря, начинают преобладать над ветровыми (рис. 6, 9). В период падения уровня моря после пика нагона скорости течения в Таганрогском заливе направлены против ветра (рис. 7, 10). Спад уровня моря после пика нагона в Таганроге вызван не изменением направления скорости ветра (направление скорости ветра почти не изменилось), а возникновением градиентного течения, вызванного наклоном уровня моря. Ветер препятствует сгону, поэтому нагон происходил в течение 12 часов, а сгон в течение 24 часов. Время падения уровня моря в Таганроге после пика нагона превысило время роста уровня в 2 раза.



**Рис. 5. Уровень моря и скорости течения на поверхностном (1 м) горизонте в 12 ч 24 сентября 2014 г.**



**Рис. 6. Уровень моря и скорости течения на поверхностном (1 м) горизонте в 18 часов 24 сентября 2014 г.**



**Рис. 7. Уровень моря и скорости течения на поверхностном (1 м) горизонте в 06 ч 25 сентября 2014 г.**

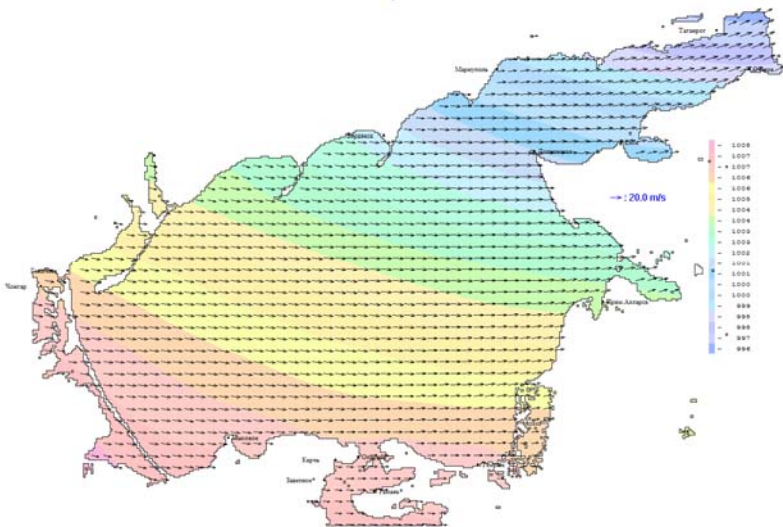


Рис. 8. Давление и скорости ветра в 12 ч 24 сентября 2014 г.

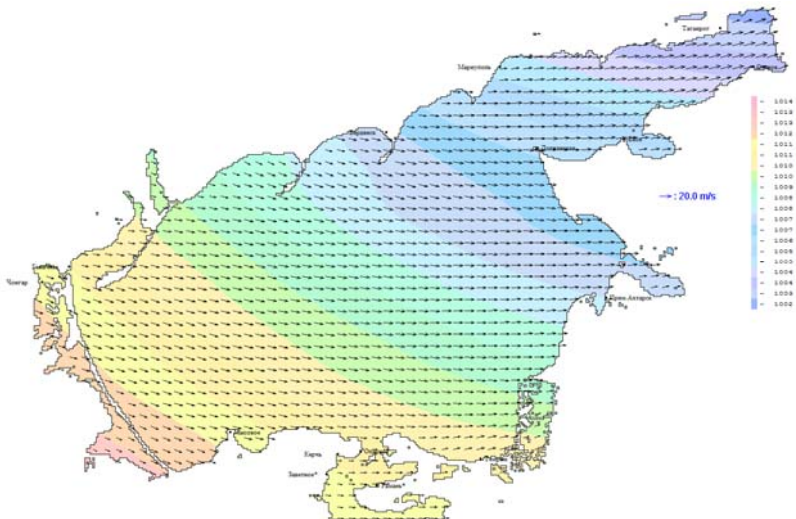
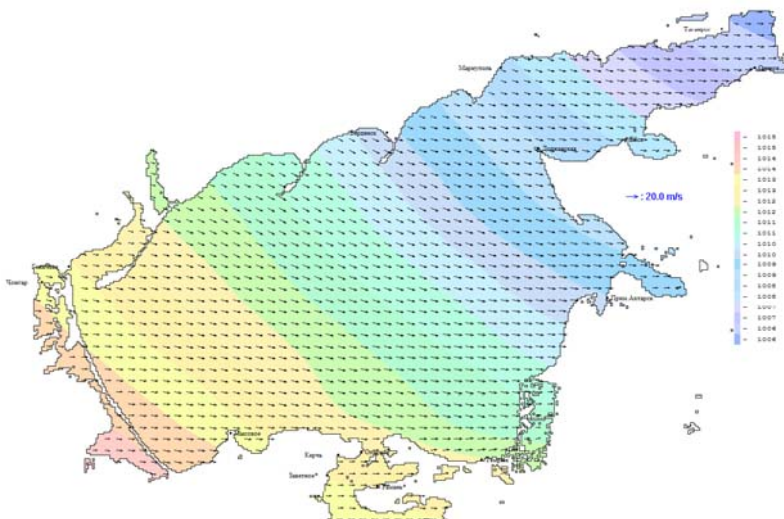


Рис. 9. Давление и скорости ветра в 18 ч 24 сентября 2014 г.



**Рис. 10.** Давление и скорости ветра в 06 ч 25 сентября 2014 г.

### Заклучение

В результате диагностических и прогностических расчетов установлено, что модель корректно воспроизводит временной ход уровня моря. Диагностический расчет на 0,5-мильной сетке и сравнение с 84 значениями наблюдений за уровнем показал, что абсолютная ошибка расчета уровня моря составляет 17 см, относительная ошибка 4 %, среднеквадратическая ошибка расчета 24 см, отношение этой ошибки к среднеквадратическому отклонению наблюдений 39 %, оправдываемость диагностического расчета 92 %, коэффициент корреляции 0,93.

Абсолютная ошибка прогностических расчетов на 0,5-мильной сетке составила 16–22 см, относительная ошибка 4–8 %, среднеквадратическая ошибка расчета 19–29 см, отношение этой ошибки к среднеквадратическому отклонению наблюдений 27–54 %, коэффициент корреляции 0,91–0,97 %. Оправдываемость прогнозов при расчетах на 0,5-мильной сетке снижается с 96 % при заблаговременности 6 ч до 86 % при заблаговременности 42 ч.



Оценки приводятся для 50 прогнозов, когда один прогноз составляет 2 % от общего числа прогнозов. При заблаговременности 6 ч оправдалось 48 прогнозов из 50, а при заблаговременности 42 ч – 43 прогноза из 50 прогнозов.

Прогнозы уровня моря по модели с разрешением 0,5 морских миль с использованием атмосферного форсинга по модели COSMO (7 км) позволили предсказать время наступления и величину максимума уровня моря в катастрофическом наводнении 24 сентября 2014 года. Максимум уровня моря по наблюдениям составил 251 см, а по расчетам на 0,5-мильной сетке 249 см. Время роста уровня моря до пика наводнения (12 часов) превышает время падения уровня моря после пика (24 часа), поскольку во время сгона продолжает действовать нагонный ветер, препятствующий сгону.

Проведенные численные эксперименты и результаты сравнения с наблюдениями показали, что представленная модель на 0,5-мильной расчетной сетке может быть использована при прогнозировании уровня Азовского моря.

#### **Список использованных источников**

1. *Архипов Б.В., Попов С.К.* Моделирование плотностных и ветровых течений в юго-восточной части Баренцева моря // *Океанология* – 1996. – Т. 36, № 6. – С. 805–813.
2. *Зильберштейн О.И., Попов С.К., Чумаков М.М., Сафронов Г.Ф.* Метод расчета экстремальных характеристик уровня моря в Северном Каспии // *Водные ресурсы*. – 2001. – Т. 28, № 6. – С. 692–700.
3. *Попов С.К.* Моделирование климатической термохалинной циркуляции в Каспийском море // *Метеорология и гидрология*. – 2004. – № 5. – С. 76–84.
4. *Попов С.К., Зильберштейн О.И., Лобов А.Л., Чумаков М.М.* Моделирование сезонного хода уровня Каспийского моря с применением параллельных вычислений // *Метеорология и гидрология*. – 2009. – № 12. – С. 41–53.
5. *Попов С.К., Лобов А.Л., Елисов В.В., Батов В.И.* Прилив в оперативной модели краткосрочного прогноза уровня моря и скорости течений в Белом и Баренцевом морях // *Метеорология и гидрология*. – 2013. – № 6. – С. 68–82.



6. Попов С.К., Лобов А.Л., Елисов В.В. Расчет наводнений в Санкт-Петербурге по трехмерной бароклинной модели VALT-P // Труды Гидрометцентра России. – 2015. – Вып. 354. – С. 96–111.

7. РД 52.27.759–2011. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3. Часть III. Служба морских гидрологических прогнозов. – М.: Триада лтд, 2011. – 196 с.

8. Филиппов Ю.Г. О влиянии стока р. Дон на уровень воды в Таганрогском заливе // Метеорология и гидрология. – 2015. – № 2. – С. 76–80.

9. Фомин В.В., Полозок А.А., Фомина И.В. Моделирование циркуляции вод Азовского моря с учетом речного стока // Морской гидрофизический журнал. – 2015. – № 1. – С. 16–28.

*Поступила в редакцию 19.07.2016 г.*