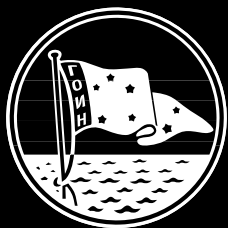


**Министерство природных ресурсов
и экологии Российской Федерации**

**Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды**

**Труды Государственного
Океанографического Института
выпуск 213**

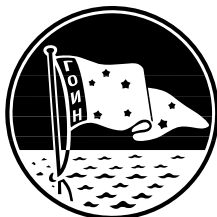


Исследования океанов и морей

*Под редакцией
докт.геогр.наук, профессора В.М. Грузинова
канд. физ-мат. наук Е.В. Борисова*

**Москва
2011**

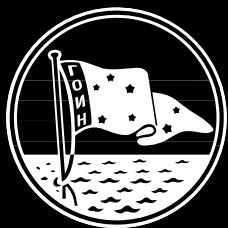
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ



MINISTRY OF NATURAL RECOURCES AND
ENVIRONMENT OF THE RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE FOR HYDROMETEOROLOGY AND
ENVIRONMENTAL MONITORING

**Proceedings of the State Oceanographic Institute
No. 213**



OCEAN AND SEA RESEARCH

*Under the editorship of
V.M. Gruzinov, Professor, D. of Geography
E.V. Borisov Ph.D.*

**Moscow
2011**

УДК 551.466+551.467
ББК 91.99+26.23.+26.221

Рецензенты:

доктор физ-мат. наук Бышев В.И.
доктор физ-мат. наук Сабинин К.Д.

Вниманию читателей предлагается выпуск Трудов ГОИН`а, содержащий доклады, представленные на Первой Всероссийской конференции по прикладной океанографии, проходившей в институте 26–28 октября 2010 г. Тематика докладов охватывает широкий круг вопросов, связанных с океанографическим обеспечением морской деятельности и, в некоторых частных случаях, даже выходит за пределы этой проблемы. Но поскольку было принято решение жестко не ограничивать тематику конференции, это дало возможность получить представление об уровне решения различных задач, так или иначе имеющих отношение к прикладной океанографии.

В соответствии с программой конференции, публикуемые научные доклады охватывают пять основных тематических разделов. Доклады содержат итоги исследований в области динамики и структуры морских вод, изучения и моделирования процессов, формирующих их режим и климат, включая опыт и результаты проведения работ по изучению и моделированию процессов, характерных для прибрежных и устьевых зон окраинных и внутренних морей, омывающих берега нашей страны. Определенная часть этих исследований направлена на обеспечение работ по освоению ресурсов шельфа. Кроме того, в сборнике содержатся доклады, посвященные проблеме загрязнения морских вод и оценке различных последствий антропогенного воздействия на природную среду.

Выпуск «Трудов ГОИН`а» № 213 представляет интерес для специалистов в области океанографии, морской гидродинамики, гидрографии, гидрохимии и гидрологии, морской экологии, специалистов, работающих в области охраны морской среды, и студентов соответствующих ВУЗов.

The present issue of SOI Proceedings contains papers presented at the First All-Russian Conference on Applied Oceanography (SOI, 26–28 October 2010). The papers cover a wide range of subjects related to oceanographic services to marine activities and, sometimes, exceed the limits of this scope. Since the subjects were not strictly confined to the given scope, a reader has a chance to examine solutions to various tasks anyhow related to applied oceanography.

Following the Conference programme, the scientific papers have been grouped by five major themes. The papers summarize the studies of sea waters dynamic and structure, simulation and observations of the processes typical of the offshore and estuarine areas of the marginal and enclosed seas washing the coasts of our country. A part of these studies are aimed at supporting the activities on the shelf resource development. Besides, several papers address the sea water pollution and assessment of anthropogenic impact on the environment.

The SOI Proceedings № 213 can be of interest to experts in oceanography, marine hydrodynamics, hydrography, hydrochemistry and hydrology, marine ecology, environment conservation and students.

ISBN 978-5-9900791-8-2

УДК 543.30 : 551.464

ПЕРЕНОС ВЕЩЕСТВ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ СОЧИ*Григорьев А.В., Коршенко А.Н., Юренко Ю.И., Любимцев А.Л.*

Оценена динамика пространственного распределения взвешенных и химических веществ в прибрежных водах Черного моря в районе Адлер-Сочи на основе адаптированной к исследованному району численной модели динамики вод Princeton Ocean Model (ПОМ) с горизонтальным разрешением ~1 км и 18 слоями по вертикали и реальных концентраций веществ, поступающих в море из рек Сочи и Мзымта. Тестовые расчеты показали доминирующее вдольбереговое распространение на север пятна высокой концентрации поступающих с речными водами веществ, иногда под действием локальных факторов меняющего направление движения.

Загрязнение прибрежных вод Большого Сочи остается актуальной проблемой до настоящего времени, учитывая повышенную рекреационную ценность этого участка побережья Черного моря. Оценка уровня загрязнения вод района между городами Адлер – Сочи базируется на результатах выполнения государственной программы мониторинга морской среды, осуществляемой Специализированным центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей (ГУ «СЦГМС ЧАМ», г. Сочи).

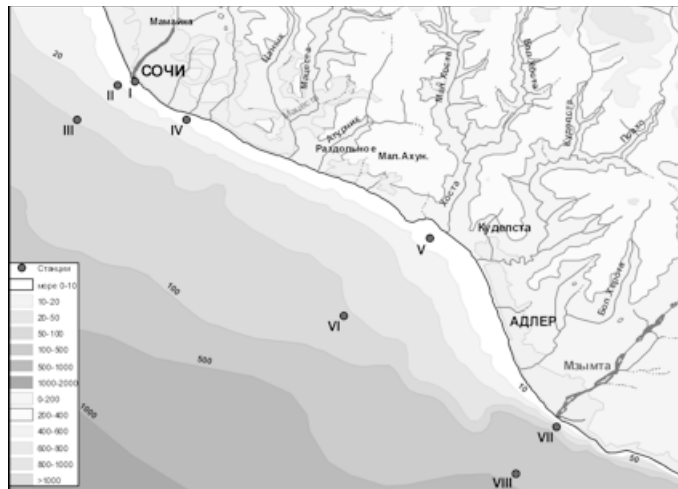


Рис.1. Район побережья Черного моря между городами Адлер-Сочи и расположение станций мониторинга морской среды, выполняемого СЦГМС ЧАМ (г. Сочи).

В состав работ входит постоянный контроль гидрохимического режима речных и морских вод на фиксированных точках в устьях рек и в прибрежном районе моря в полосе примерно 2 морские мили от берега (Рис. 1).

Таблица 1.

Значения контролируемых параметров в эстуарных районах рек Сочи и Мзымта в периоды максимального и минимального стока в 2008 и 2009 гг.

	Сочи	Мзымта	Сочи	Мзымта	Сочи	Мзымта	Сочи	Мзымта
	09.04.2008	10.04.2008	03.09.2008	01.09.2008	24.02.2009	15.04.2009	03.06.2009	26.02.2009
Наименование ингредиентов	max	max	min	min	max	max	min	Qmin
Скорость течения реки, м/сек	2,34	1,85	0,38	1,25	1,45	1,5	0,35	1,34
Расход воды, м ³ /сек	41,8	73,6	2,68	23,6	18,8	56,2	4,75	40,5
Прозрачность, см	10	10	31	31	31	31	18	17
Цветность, Р-Со шкале, град	49	32	14	12	17	13	34	29
Температура воды, град. С	9	11,2	25	15,7	6,9	9,8	15,5	6,3
Взвешенные вещества, мг/л	32,7	36,4	4,9	1,2	16,13	7,82	7,85	15,24
РН	7,15	7,27	7,93	7,75	8,15	7,93	7,04	7,9
Кислород, мг/л	10,62	12,6	8,96	10,01	11,55	11,36	9,68	11,64
Степень насыщения кислородом, %	92	115	110	101	95	100	98	94
Углекислый газ, мг/л	1,58	2,5	0	0,9	0	0	2,38	1,8
Магний, мг/л	2,4	2,7	5	2,2	3,3	2,5	1,8	3,3
Хлориды, мг/л	5,5	0,9	15	0,1	19,3	0,2	2,4	1,7
Сульфаты, мг/л	9,5	6,2	14,6	6,3	15,7	10,7	12,4	10,5
Сумма ионов, мг/л	154,3	96,9	287,3	143,5	288,1	134	160,3	187,5
Жесткость общая, мг-экв/л	1,97	1,18	3,2	1,44	2,59	1,26	1,6	1,72
Гидрокарбонаты, мг/л	100,7	65,6	183,3	100,4	173,9	87,6	103,5	125,1
Кальций, мг/л	35,6	19,3	55,9	25,1	46,4	21,2	29,1	29
Окисляемость бихром., мг/л	5,8	4,54	6,2	6,68	43,3	6,01	10,5	12,08
БПК 5, мг/л	3,33	3,47	5,11	3,43	2,54	3,93	6,33	3,74
Азот аммонийный, мг/л	0,025	0,033	0,065	0,006	0	0,073	0,039	0,042
Азот нитритный, мг/л	0,002	0,002	0,069	0	0,004	0,003	0,007	0
Азот нитратный, мг/л	0,276	0,191	0,156	0,114	0,238	0,225	0,348	0,398
Фосфаты, мг/л	0,001	0	0,001	0,001	0,004	0,017	0,004	0,001
Кремнекислота, мг/л	2,1	2,6	2	1,2	2,4	2,6	1,6	2,7
Фосфор общий, мг/л	0,032	0,043	0,125	0,006	0,02	0,09	0,218	0,029
Na + K, мг/л	0,7	1,5	13,3	8,8	29,4	10,8	10,9	16,1
Железо общее, мг/л	0,02	0,02	0,03	0,04	27,88	53,43	40,2	50,47
Медь, мкг/л	5	1	1	2	5	3	9	2
Цинк, мкг/л	12	13	15	13	52	15	0	18
Свинец, мкг/л	0,2	0	0,4	0,5	0,4	0,3	0	0,3
Трифлуралин, мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0
Феноль, мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0
Нефтепродукты, мг/л	0,2	0	0	0	0,02	0	0,04	0,02
СПАВ, мг/л	0,006	0,026	0,007	0	0,01	0,008	0,004	0,026
ДДТ, мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0
ДДЭ, мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0
α-ГХЦГ, мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0
γ-ГХЦГ, мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0
Метафос, мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0
Фозалон, мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0
Карбофос, мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0
Рогор, мкг/л	0	0	0	0	0	0	0	0

Поскольку основным источником загрязнения моря в этом районе остается речной сток, были оценены объемы поступления в море загрязняющих веществ с водами рек Мзымта (г. Адлер) и Сочи (г. Сочи). Исходные данные по поступлению в море загрязняющих веществ (ЗВ) послужили основой для расчета площади распространения пятна загрязнения от устьев этих рек. Пункты отбора речных проб расположены в 500 м выше замыкающего створа реки Сочи и 1500 м в реке Мзымта. Пробы воды были отобраны с глубины 0,5 м. Разброс значений контролируемых величин был рассмотрен для максимальных и минимальных значений стока обеих рек в 2008 и 2009 гг. (Табл. 1).

Расчет переноса загрязняющих веществ осуществлялся на основе уравнения переноса пассивной примеси (1):

$$\frac{\partial CD}{\partial t} + \frac{\partial CuD}{\partial x} + \frac{\partial CvD}{\partial y} + \frac{\partial Cw}{\partial \sigma} = F_T + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{K_H}{D} \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right), \quad (1)$$

где

$$F_T \equiv \frac{\partial}{\partial x} (A_H D \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (A_H D \frac{\partial C}{\partial y})$$

F_T – член, описывающий горизонтальную турбулентную диффузию;

C – концентрация примеси; u, v, w – компоненты вектора скорости течений;

A_H, K_H – коэффициенты горизонтальной и вертикальной турбулентной диффузии соответственно.

$D = H + \eta$; H – глубина, η – отклонения уровня от невозмущенного состояния.

Скорости течений рассчитывались на основе регионального варианта численной модели Princeton Ocean Model (POM) с горизонтальным разрешением ~1 км и 18 слоями по вертикали (используется σ – координата) [1, 2]. При задании граничных условий региональной модели используется технология «вложенных сеток» (one-way nested grid model [3–5], то есть без обратной связи). При этом необходимые данные на открытых жидких границах области поставляются крупномасштабной моделью циркуляции МГИ НАН Украины (горизонтальное разрешение ~5 км, z – координата). Атмосферный форсинг предоставлялся Национальной Метеорологической Администрацией Румынии в рамках европейского сотрудничества (численная атмосферная модель семейства ALADIN). Диагноз и прогноз на 3-е суток проводились ежедневно с 1 января 2009 г. по настоящее время в рамках европейского проекта по моделированию динамики вод европейских морей ECOOP (www.black.oceanography.ru).

Блок расчета переноса пассивной примеси (уравнение 1), встроен непосредственно в модель ROM и реализуется посредством численной схемы, аналогичной для уравнений прогноза температуры или солености, имеющими практически один и тот же вид [1]. Это позволяет осуществлять расчет переноса примеси с той же временной дискретностью – 2 мин. для бароклинной моды, что весьма важно при высокой пространственно-временной изменчивости течений в регионе.

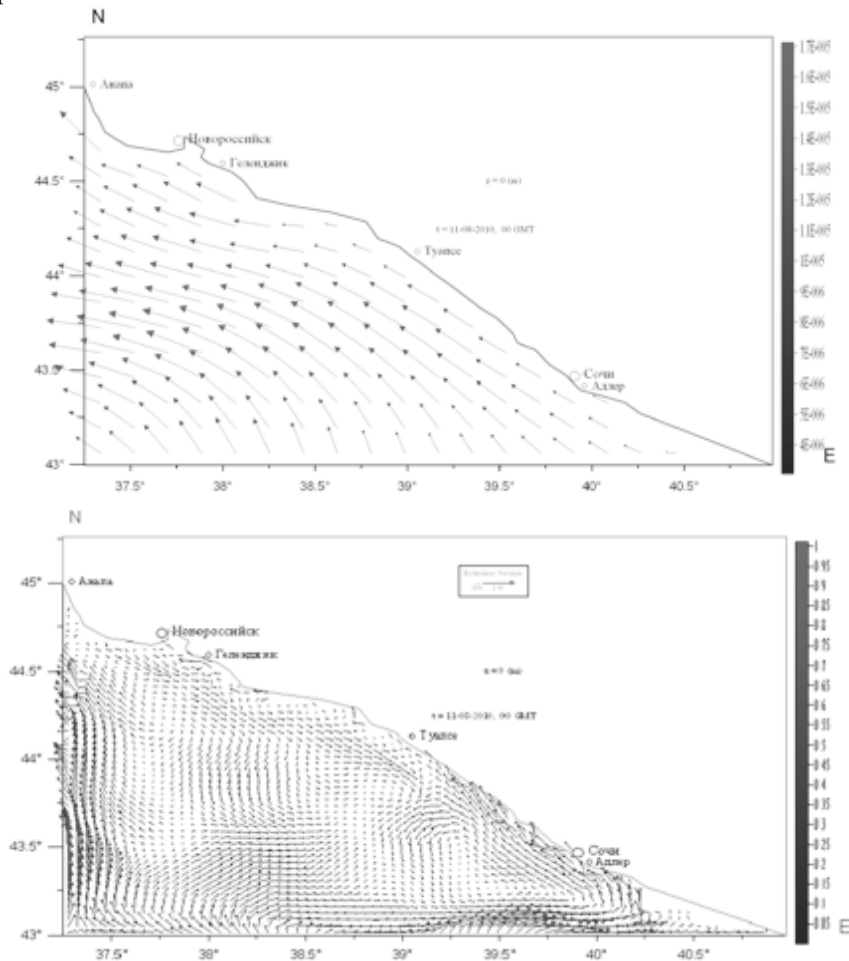


Рис. 2. Поля напряжений ветра (вверху) и скорости течений на поверхности (внизу) по результатам моделирования на 11.08.2010 г.

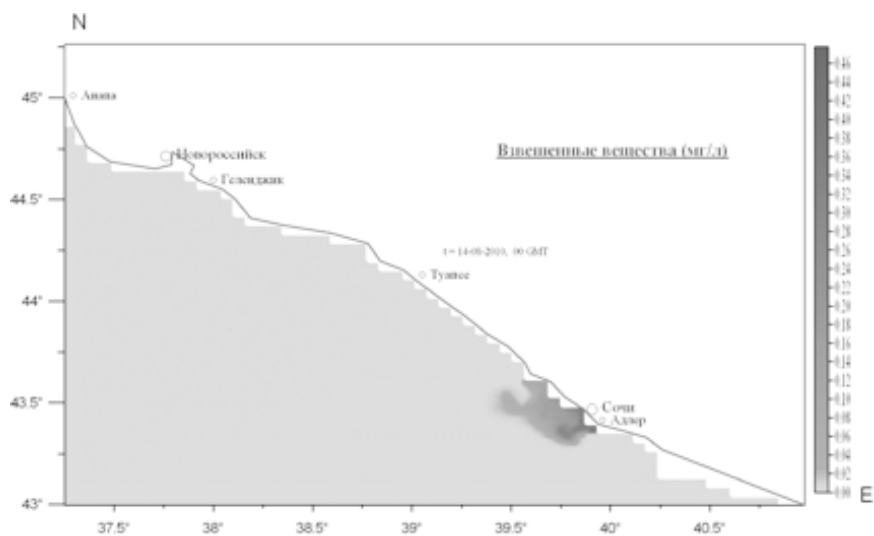
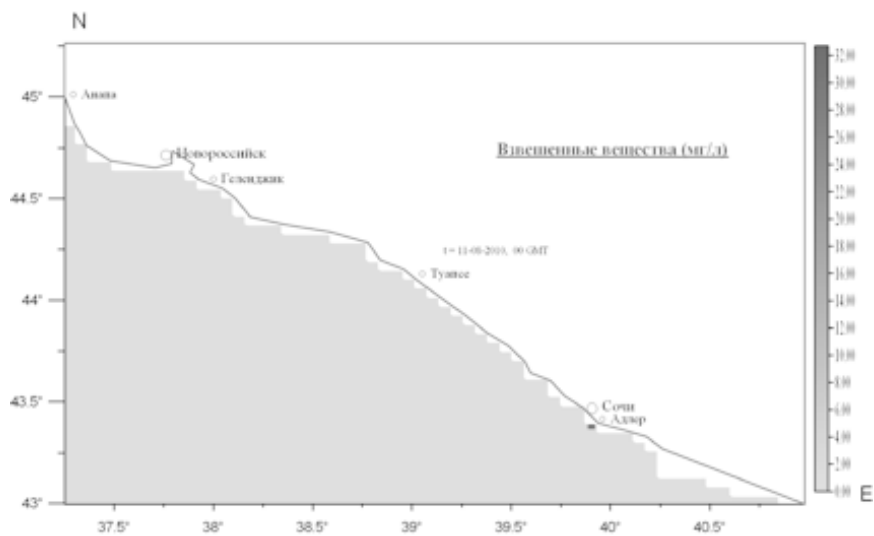


Рис.3. Концентрация взвешенных веществ в начальный момент 11.08.2010 г. (рис. вверху) и прогноз их распространения на 3 суток до 14.08.2010 г. (рис. внизу).

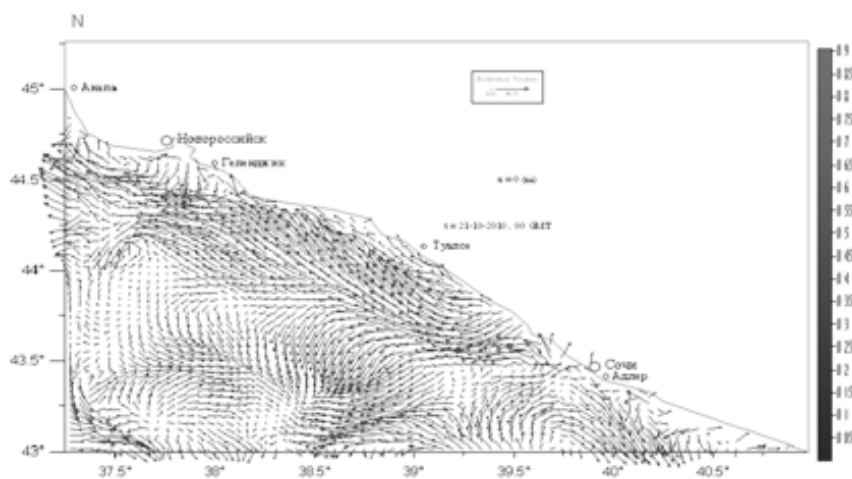
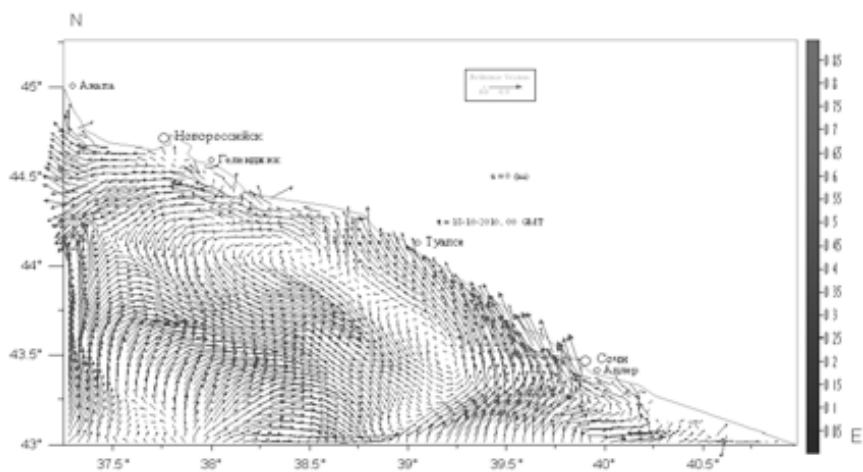


Рис.4. Поля скорости течений на поверхности 18.10.2010 г. (диагноз) и 21.10.2010 г. (прогноз) по результатам моделирования.

В работе приводятся результаты тестовых расчетов распространения растворенных и взвешенных веществ от реальных источников их поступления в море с реальными концентрациями взвешенных веществ (ВВ) (р. Мзымта) и сульфатов (р. Сочи). Характерные поля напряжений ветра и скорости течений на поверхности (11 августа 2010 г.) приведены на Рис. 2. Карта распространения взвешенных веществ во время модельного залпового выброса 11.08.2010 г. на реке

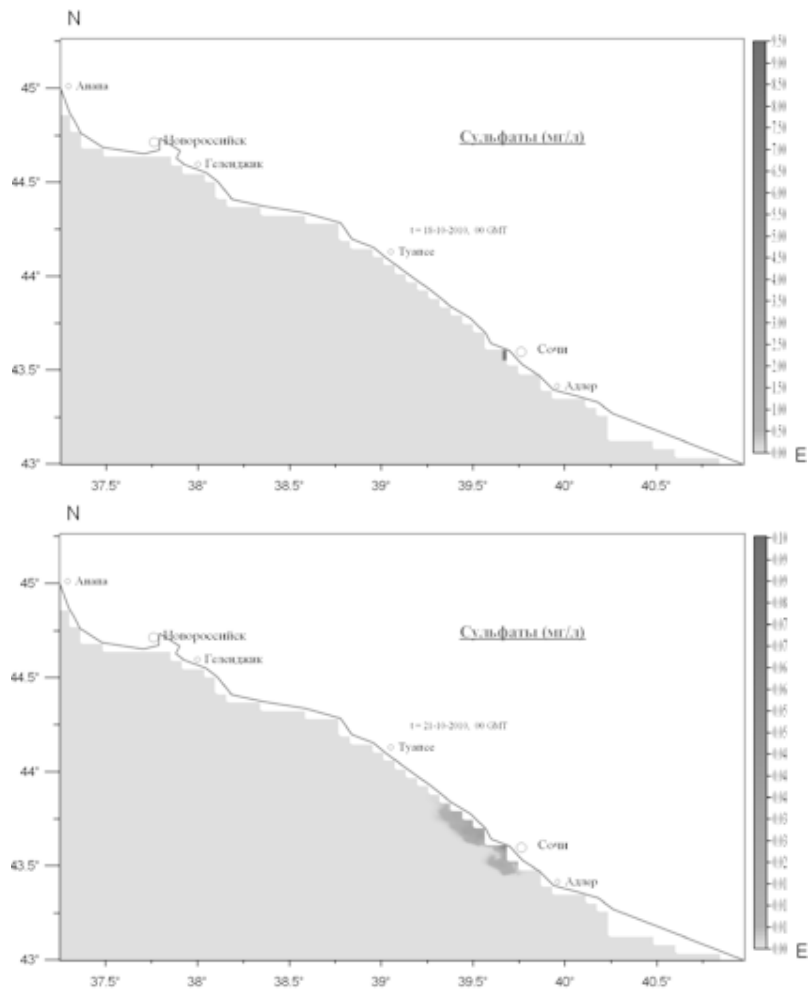


Рис. 5. Концентрация сульфатов в начальный момент 18.10.2010 г. (верхний рис.) и прогноз их распространения на 3 суток до 21.10.2010 г. (нижний рис.).

Мзымта и прогноз на 3 суток свидетельствует о переносе ВВ полем течений вдоль побережья в северо-западном направлении (Рис. 3).

В районе Сочи поле скорости течений в поверхностном слое вод 18 (диагноз) и 21 (прогноз) октября 2010 г. в течение срока прогноза претерпело существенное изменение – появляется направленная на юго-восток ветвь основного потока (Рис. 4). Соответствующие карты концентрации сульфатов в результате залпового выброса в районе Сочи в начале и конце срока прогноза показывают перенос ингредиента вдоль берега, но не только в северо-западном, но и в юго-восточном направлении (Рис. 5).

Эти результаты носят тестовый характер и служат подтверждением физической адекватности расчетов переноса загрязнений. Например, в динамическом плане прибрежные области существенно отделены от глубоководной зоны [6,7], что подтверждается в основном вдольбереговым переносом ЗВ в прибрежной зоне. Важным является то, что численное моделирование переноса различных видов веществ позволяет сделать оценки скорости их распространения в море и обозначить пространственные области потенциального загрязнения для различных типов ЗВ, оценить влияние расположения источников их поступления в море, включая глубины нахождения участков выпуска, а также мощности источников сброса загрязненных вод на динамику распространения пятна на акватории района.

TRANSPORT OF POLLUTANTS IN NEARSHORE WATERS OF SOCHI AREA

Grigorjev A.V., Korshenko A.N., Yurenko Yu.I., Ljubimtsev A.L.

The dynamic of spatial distribution of suspended solids and chemical substances in the coastal waters of the Black Sea between Adler and Sochi was assessed on the basis of adapted to the region numerical Princeton Ocean Model (POM), applied to horizontal resolution about 1 km and 18 layers in vertical direction. The real concentrations of substances discharged to the sea with waters of major rivers Sochi and Mzumta were used as tracers for calculations. The main patch was spread along the coast to north-western direction with some divergences formed under local conditions.

Литература

1. Blumberg A. F., Mellor G. L. A description of a three-dimensional coastal ocean model. In Three Dimensional Shelf Models, Coastal Estuarine Sci., vol.5, edited by N. Heaps, AGU, Washington D.C., 1987, pp. 1-16.

2. Hunter, J.R., OzPOM: A Version of the Princeton Ocean Model. <http://www.antcr.utas.edu.au/johunter/ozpom.html>, 2002.
3. G. Korres, A. Lascaratos. A one-way nested eddy resolving model of the Aegean and Levantine basins: implementation and climatological runs. *Annales Geophysicae*, 21, 2003, pp. 205 – 220.
4. Brenner, S. High-resolution nested model simulations of the climatological circulation in the southeastern corner of the Mediterranean Sea. *Annal. Geophys.*, 21, 2003, pp. 267-280.
5. А.И. Кубряков, А.В. Григорьев, С. Стефанеску. Моделирование синоптической динамики вод в прибрежных районах Черного моря. Тезисы докладов. Международная конференция «Потоки и структуры в жидкостях», Москва, 20-23 июня, 2005 г. с. 254-256.
6. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика, Москва, Мир, т.1, 1984, с.398.
7. А.С. Блатов, Н. П. Булгаков, В. А. Иванов и др. Изменчивость гидрофизических полей Черного моря. Л., Гидрометеиздат, 1984, с. 238.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Комчатов В.Ф., Лучков В.П.</i> Вековая морская береговая гидрометеорологическая сеть – основа изучения гидрологического режима шельфовой зоны морей РФ и обеспечения гидрометеорологической безопасности.....	5
<i>Федоренко А.В.</i> Исследование сезонных и внутривековых колебаний основных ледовых параметров на южных морях (Азовское и Каспийское).....	15
<i>Якунин Л.П.</i> Ледовитость и кромка льда акваторий Северной Пацифики	26
<i>Троицкая Ю.И., Сергеев Д.А., Казаков В.И., Богатов Н.А., Салин М.Б.</i> Моделирование механизмов взаимодействия океана и атмосферы при экстремальных гидрометусловиях	33
<i>Мельников В.А., Москаленко Л.В., Кузеванова Н.И.</i> Климатическая волна в Геленджике	45
<i>Дианский Н.А.</i> Численное моделирование циркуляции океанов и морей с помощью сигма-модели ИВМ РАН	57
<i>Андреев П.Н., Либерман Ю.М., Мостаменти С.</i> Комплекс морских гидродинамических моделей в Санкт-Петербургском ЦГМС-Р	74
<i>Григорьев А.В., Кубряков В.А., Федотова Л.Д., Чариков И.В.</i> Численное моделирование динамики вод южных морей России в рамках задач оперативной океанографии.....	80
<i>Инжебейкин Ю.И.</i> Особенности формирования кратковременных наводнений и экстремальных течений в Азовском море	91

<i>Лебедев С.А.</i> Климатическая изменчивость температуры поверхности и уровня Южного океана по данным дистанционного зондирования	103
<i>Соколов В.А., Апухтина С.П.</i> Осредненное уравнение состояния морской воды и результаты его применения в численном моделировании океанической циркуляции.....	110
<i>Абузяров З.К.</i> Физико-статистический метод фонового прогноза уровня Каспийского моря на срок 6 лет	123
<i>Жуков Ю.Н.</i> Кинематический анализ приливов для обеспечения прикладных задач морской деятельности России	135
<i>Филиппов Ю.Г.</i> Моделирование сейшевых колебаний уровня Азовского моря.....	146
<i>Захарчук Е.А., Тихонова Н.А.</i> О механизмах формирования невских наводнений	155
<i>Войнов Г.Н.</i> Гармонический анализ морских приливов с описанием сезонной изменчивости основных суточных, полусуточных и мелководных волн	169
<i>Рыбушкина Г.В., Троицкая Ю.И., Соустова И.А., Баландина Г.Н., Лебедев С.А., Костяной А.Г.</i> Спутниковая альтиметрия внутренних водоемов	179
<i>Остроумов Л.В., Остроумов В.З., Шануров Г.А.</i> Региональная модель квазигеоида, предназначенная для перехода к Балтийской системе высот при спутниковой привязке уровневной сети Росгидромета, расположенной на акватории Финского залива.....	193

<i>Кабатченко И.М., Резников М.В.</i> Моделирование морского ветрового волнения, методы и аспекты прикладного применения.....	205
<i>Нестеров Е.С., Абузьяров З.К., Григорьева Г.А., Давидан И.Н., Дымов В.И., Пасечник Т.А.</i> Диагноз ветрового волнения в Северной Атлантике на основе современных моделей.....	216
<i>Лукин А.А., Нестеров Е.С.</i> Траектории циклонов и опасное ветровое волнение в Северной Атлантике.....	224
<i>Горшков К.А., Дубина В.А., Ермошкин А.В., Соустова И.А., Троицкая Ю.И.</i> Анализ эволюции интенсивных внутренних волн в Японском и Охотском морях с использованием спутниковых данных радиолокатора с синтезированной апертурой и радиометров.....	234
<i>Лупачев Ю.В.</i> К вопросу о расчете приливообразующих сил Луны и Солнца.....	244
<i>Соколов В.А., Апухтина С.П.</i> Статистическая модель термохалопикнических полей Северной Атлантики и возможности ее применения в океанографических исследованиях.....	255
<i>Мельников В.А., Зацепин А.Г., Костяной А.Г.</i> Гидрофизический полигон на Черном море	264
<i>Полонский В.Ф.</i> Современные направления исследований морских устьев рек и их прикладное значение.....	279
<i>Остроумова Л.П.</i> Применение новых методов и технологий для оценки сезонной и многолетней динамики естественных потерь воды на испарение с поверхности Ладожского озера и Невской губы.....	287

- Полонский В.Ф.*
 Основы метода прогностического расчета половодных гидрографов стока и уровней воды в дельте Волги по данным о сбросах Волгоградского гидроузла.....303
- Полонский В.Ф., Мишин Д.В., Беляев А.Г.*
 Оценка современного состояния распределения стока воды и наносов в основных рукавах дельты реки Дон.....313
- Шкунова Е.Ю.*
 Современные геоинформационные технологии в задачах мониторинга водных объектов327
- Котляков А.В., Шумакова Е.М.*
 Длинноволновые процессы в нижних бьефах гидроузлов: особенности, последствия, перспективы изучения.....333
- Остроумова Л.П., Полонский В.Ф.*
 Водно-балансовая модель Северного Каспия, отдельных его частей и оценка притока речных вод в Средний Каспий343
- Крылов С.С., Бобров Н.Ю., Киселев Е.Ю., Петлеваний Д.В., Пряхина Г.В., Смагин Р.Е.*
 Применение георадарной технологии для изучения динамических процессов в устьевых областях рек.....356
- Горелиц О.В., Землянов И.В.*
 Стадийность развития дельты Терека в современных условиях369
- Григорьев А.В., Коршенко А.Н., Юренко Ю.И.*
 Перенос загрязняющих веществ в прибрежных водах Сочи381

<i>Ермаков В.Б., Коновалов М.Л., Коршенко А.Н</i> Контроль качества океанографических данных о загрязнении морской среды.....	390
<i>Овсиенко С.Н., Зацева С.Н., Ивченко А.А.</i> Математическое моделирование как элемент информационной поддержки принятия решения при выборе стратегии защиты морской среды от нефтяного загрязнения	396
<i>Леонов А.В., Чичерина О.В., Семеняк Л.В.</i> Загрязнение морской среды нефтепродуктами и их деградация в экосистеме Каспийского моря: анализ результатов численного моделирования	407
<i>Ткаченко Ю.Ю.</i> Прибрежная циркуляция – основной фактор, определяющий перенос загрязняющих веществ в зоне шельфа восточной части Черного моря	419

Сборник научных трудов
Труды ГОИН
Выпуск 213
ИССЛЕДОВАНИЯ ОКЕАНОВ И МОРЕЙ

Редакторы: **Грузинов В.М., Борисов Е.В.** Художественный редактор **В. Турышев.**
Технический редактор **О.В. Кузнецова.** Корректор **Д.Ю. Сергунова.**

Подписано в печать 17.06.2011. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Печатных листов 27. Заказ №???. Тираж 300 экз.

Издательство «**Артифекс**», г. Обнинск.
Отпечатано в
ОАО «Можайский полиграфический комбинат».
143200, г. Можайск, ул. Мира, 93.
www.oaompk.ru