

ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД  
ПРИБРЕЖНОЙ ПОЛОСЫ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА АЗОВСКОГО И  
ЧЕРНОГО МОРЕЙ НА ОСНОВЕ РЕГИОНАЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА (С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗНОВРЕМЕННЫХ  
ИЗОБРАЖЕНИЙ ИСЗ *METEOP-M (KMCC)*, *AQUA* и *TERRA (MODIS)*,  
*SUOMI NPP (VIIRS)*, *NOAA (AVHRR)*, *JASON-2*, *CRYOSAT-2*, *MetOp (ASCAT)*,  
*METEOSAT-10 (SEVIRI)*)

1–10 апреля 2013 г.

**Общая характеристика**

В апреле 2013 г. в ФГБУ «НИЦ «Планета» были возобновлены работы по космическому мониторингу состояния и загрязнения вод прибрежной полосы российского сектора Азовского и Черного морей, которые проводились ежегодно в теплые периоды (апрель-октябрь), начиная с 2003 г. Анализ состояния и загрязнения вод российского сектора Азово-Черноморского бассейна, как и в прежние годы, планируется проводить за каждую декаду, за каждый месяц и за весь период наблюдения. По результатам космического мониторинга будут выпускаться оперативные спутниковые информационные продукты, декадные аналитические отчеты и ежемесячные бюллетени; в конце года - итоговый бюллетень.

С 1 по 10 апреля 2013 г. было принято и обработано 118 изображений российского сектора акваторий Черного и Азовского морей, полученных в оптическом и инфракрасном (тепловом) диапазонах электромагнитного спектра с помощью аппаратуры *KMCC* ИСЗ «*Meteop-M*» №1, спектрорадиометров *MODIS* ИСЗ *AQUA* и *TERRA*, радиометра видимого и инфракрасного диапазона *VIIRS* ИСЗ *SUOMI NPP*, ИК-радиометра *AVHRR* ИСЗ *NOAA*, а также с использованием скаттерометра *ASCAT* ИСЗ *MetOp* и радиометра *SEVIRI* ИСЗ *METEOSAT-10*.

На акватории российского сектора Черного и Азовского морей в начале и в конце первой декады апреля погода обуславливалась влиянием атмосферных фронтов циклонов: в начале апреля – западных циклонов, в конце декады – циклонов северного происхождения.

В начале месяца прошли дожди. 2 апреля в Сочи выпало до 11 мм осадков, в Керчи и Новороссийске – до 8 мм, 5 апреля в Туапсе – до 7 мм. В конце декады дожди были в основном небольшими (рис. 9). 8-9 апреля в Новороссийске выпало до 2 мм осадков, 9-10 апреля в Сочи - до 6,4 мм, в Туапсе – до 5 мм, 9 апреля в Ростове-на-Дону – до 3 мм. Распределение значений суточных сумм осадков по данным радиометра *SEVIRI* геостационарного ИСЗ *METEOSAT-10* дополняет данные о пространственно-временных изменениях количества выпавших осадков на акватории российского сектора Черного и Азовского морей и на территории бассейнов рек черноморского побережья и Кубани (рис. 10). В частности, данные рис. 10 свидетельствуют о том, что максимальное суточное количество осадков на

акватории северо-восточной части Черного моря выпало 4 апреля, до 16-18 мм/сутки.

Неустойчивый характер атмосферной циркуляции отразился в особенностях ветрового режима (рис. 11). Преобладал умеренный ветер 2-7 м/с. 1 апреля в Ростове-на-Дону отмечалось усиление ветра до 8 м/с, 8 апреля – до 12 м/с. В Керчи 1, 5 и 6 апреля ветер усиливался до 10-11 м/с, в Новороссийске 4 апреля – до 9 м/с. Несмотря на неустойчивый характер атмосферной циркуляции, в большинстве пунктов можно выделить преобладавшие направления ветра (рис. 12). В Сочи чаще наблюдался ветер с юго-востока и востока, реже - с северо-запада и запада, в Туапсе чаще наблюдался ветер с северо-востока, реже ветер южной четверти, в Новороссийске – в равной степени с северо-востока, юго-востока и с юга. В Керчи превалировал ветер с юга и в меньшей степени с северо-запада и с юго-востока. В Ростове-на-Дону в основном наблюдался восточный ветер, в Приморско-Ахтарске в равной степени - ветер с востока, запада и с севера.

Распределение значений скорости приводного ветра по данным скаттерометра *ASCAT* ИСЗ *MetOp* (рис. 13) дополняет данные о пространственно-временных изменениях ветра над акваториями российского сектора Черного и Азовского морей. 30 марта - 1 апреля акватория Черного моря в секторе от Керченского полуострова до м. Пицунда находилась под воздействием юго-восточного ветра 7-12 м/с. 2 апреля от Керченского полуострова до м. Идокопас наблюдался ветер западной четверти менее 7 м/с, от м. Идокопас до м. Пицунда – юго-западный ветер 6-9 м/с. 3-4 апреля отмечался ветер восточной четверти 5-8 м/с, сменившийся 5 апреля ветром западной четверти 3-7 м/с, а затем юго-восточным ветром, достигавшим 6 апреля 6-11 м/с. 7 апреля наблюдался ветер переменных направлений, сменившийся затем северо-восточным ветром 7-12 м/с. 8 апреля от Керченского полуострова до Туапсе отмечался северо-восточный ветер 10-15 м/с, от Туапсе до м. Пицунда – юго-восточный ветер 8-12 м/с с переходом на северный 5-9 м/с. 9 апреля наблюдался северный и северо-западный ветер 5-10 м/с, ослабевший 10 апреля до 4 м/с и менее. В Азовском море 1-3, 7 и 10 апреля отмечался слабый ветер переменных направлений ( $\leq 5$  м/с). 4-5 апреля преобладал восточный ветер 3-8 м/с с переходом на южный 3-8 м/с. 6 апреля наблюдался юго-западный ветер 5-9 м/с. 8-9 апреля превалировал северный и северо-восточный ветер, усиливавшийся 8 апреля до 10-15 м/с.

На черноморском побережье (в Сочи, Туапсе, Новороссийске) температура воздуха 1-8 апреля изменялась от 8..13 °С в ночное время до 10..26 °С в дневное время (в Сочи 1 апреля установлен рекорд максимальной дневной температуры 25,3 °С), 9-10 апреля температура воздуха понизилась ночью до 7..10 °С, днем – до 11..13 °С. В регионе Азовского моря (Керчь, Приморск-Ахтарск, Ростов-на-Дону) температура воздуха в течение декады понизилась днем от 19..28 °С до 9..10 °С, ночью от 5..9 °С до 5..7 °С.

Гидрологическая ситуация на реках бассейна Дона, Кубани и черноморского побережья в течение первой декады апреля развивалась в условиях преобладания теплой, относительно сухой погоды. Средняя за

декаду температура воздуха превысила обычные значения на 3,0 – 5,0 градусов. Количество выпавших осадков в бассейне реки Дон выше Цимлянского водохранилища составило 80-95% нормы, на черноморском побережье - 50-60% нормы; в горных районах бассейна реки Кубань – 20-50% нормы, а на остальной территории – менее 10% нормы. В связи с таким характером погоды на реках бассейна Дона продолжалось развитие половодья. На реках бассейна р. Кубань и на черноморском побережье прошли дождевые паводки, но уровни воды в реках не превысили опасных отметок (рис. 14).

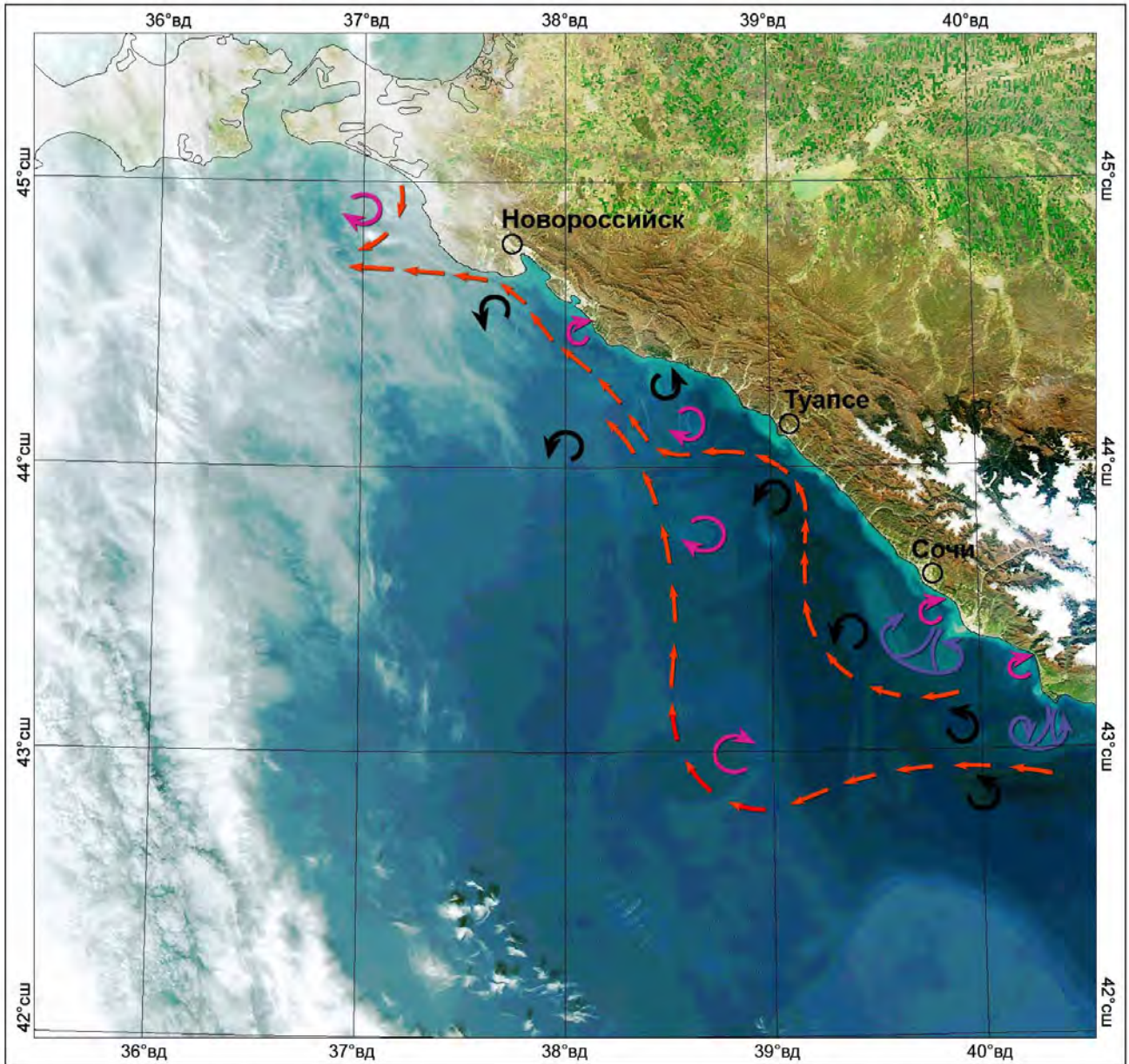
Продолжалось наполнение Цимлянского водохранилища, при этом сброс воды в нижний бьеф колебался в пределах 312-327 м<sup>3</sup>/с. Суммарный объем воды, поступившей из водохранилища в Азовское море за первую декаду апреля, составил около 0,28 км<sup>3</sup>, а с учетом стока Северского Донца – 0,43 км<sup>3</sup>. За прошедшую декаду сбросы воды из Краснодарского водохранилища (р. Кубань) составили 0,21 км<sup>3</sup> воды, а сток р. Сочи в Черное море – 0,020 км<sup>3</sup>.

### **Анализ спутниковых данных**

Анализ спутниковых изображений, полученных в первой декаде апреля, позволяет восстановить общую картину динамики вод в российском секторе Черного моря. На рис. 1 и 2 приведены цветосинтезированные изображения северо-восточной части Черного моря, полученные с помощью спектрорадиометра *MODIS* ИСЗ *TERRA* и *AQUA* (разрешение 250 м) 1 и 3 апреля 2012 г. в 09:00 и 10:29 UTC соответственно. На изображениях графически нанесены элементы приповерхностной циркуляции вод, построенные с помощью экспертного дешифрирования.





В первой декаде апреля в северо-восточной части Черного моря преобладала теплая, относительно сухая, но облачная погода: малооблачными были только 1 и 3 апреля, остальные дни - с высоким процентом облачного покрова, закрывавшего более 80% наблюдаемой акватории и осложнявшего условия спутниковых наблюдений. Однако, совместный анализ изображений в видимом и ИК-диапазонах спектра за период с третьей декады марта до начала второй декады апреля позволил сделать вывод о том, что крупномасштабная циркуляция в российском секторе моря имела переходный характер (от зимнего режима к весенне-летнему) и примерно соответствовала средним многолетним показателям, характерным для этого времени года.

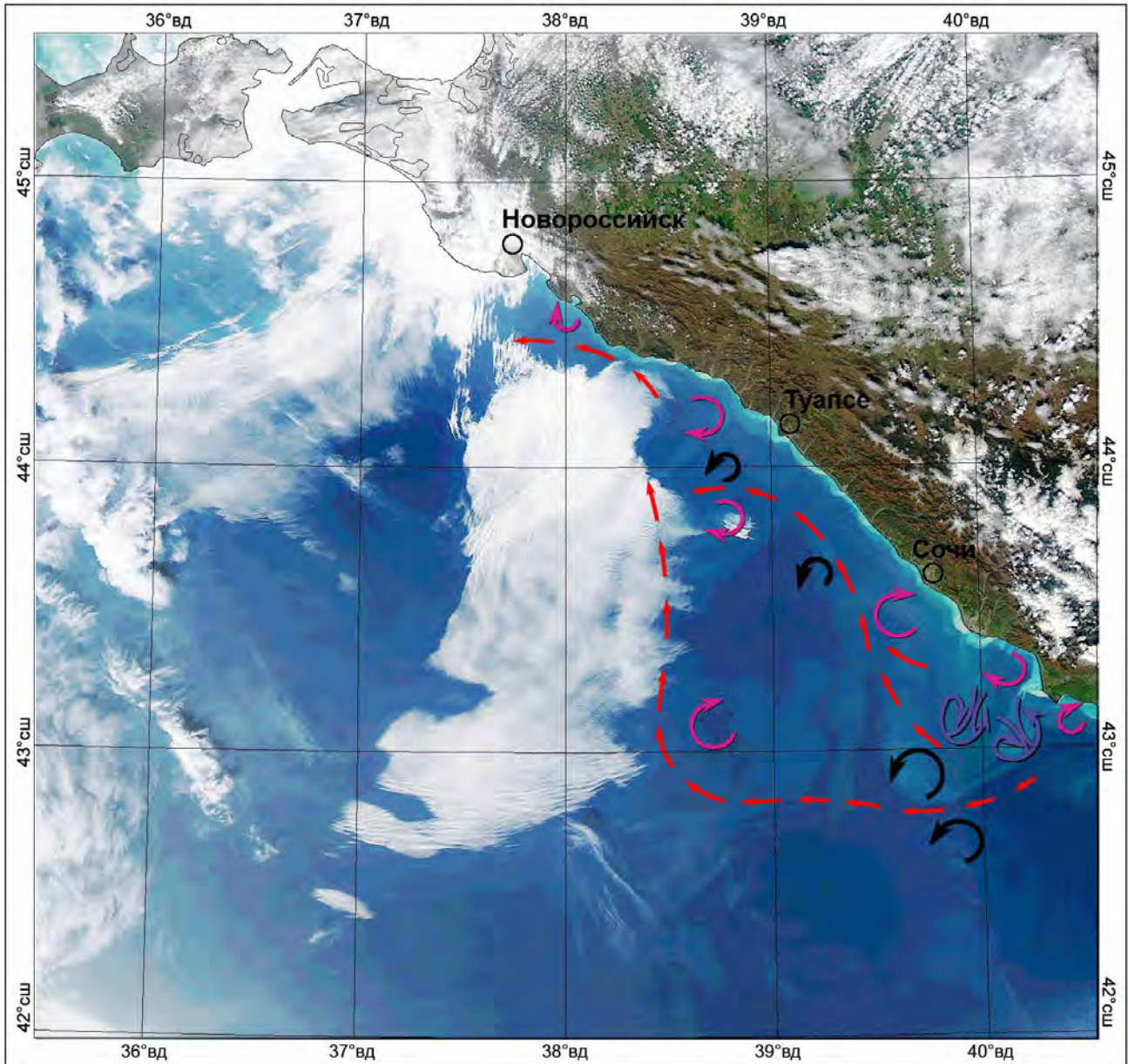
В первой декаде апреля в северо-восточной части Черного моря при умеренном ветровом воздействии (за исключением 1 и 6-8 апреля, когда ветер восточной четверти усиливался до 10-15 м/с) Основное черноморское течение (ОЧТ) носило локально-неустойчивый характер при сохранении общего северо-западного переноса вод. Стрежень ОЧТ в южной части российского сектора моря располагался на расстоянии 35-50 км от берега, в центральном секторе - на расстоянии 20-30 км от берега. Скорость течения в области стрежня ОЧТ достигала 0,20-0,35 м/с. Характер прибрежной



ИСЗ Aqua, MODIS, разрешение 250 м, 01.04.2013 10:41 UTC  
 спектральные каналы R: 0,620-0,670 мкм (1); G: 0,545-0,565 мкм (4); B: 0,459-0,479 мкм (3)





Рис.1. Карта циркуляции и состояния водной среды, совмещенная с цветосинтезированным изображением северо-восточной части Черного моря.

-  - примерное положение Основного черноморского течения
-  - прибрежные антициклонические вихри
-  - циклонические вихри
-  - вихревой диполь



ИСЗ Aqua, MODIS, разрешение 250 м, 03.04.2013 10:29 UTC  
спектральные каналы R: 0,620-0,670 мкм (1); G: 0,545-0,565 мкм (4); B: 0,459-0,479 мкм (3)

Рис.2. Карта циркуляции и состояния водной среды, совмещенная с цветосинтезированным изображением северо-восточной части Черного моря.

-  - примерное положение Основного черноморского течения
-  - прибрежные антициклонические вихри
-  - циклонические вихри
-  - вихревой диполь

циркуляции определялся в основном неустойчивыми синоптическими ветровыми условиями, а также паводковой ситуацией.

Интенсивные осадки, выпавшие на побережье и в предгорных районах в 3-й декаде марта (более 2-х декадных норм) и 2 апреля, в сумме с сезонным эффектом таяния снега в горах привели к образованию в первой половине декады мощных выносов (факелов) речных вод (рек Бзыбь, Мзымта, Псоу, Сочи, Шахе, Псецуапсе, Туапсе, Вулан, Пшада). Длина шлейфов взмученных речных вод, наблюдаемых на спутниковых изображениях, достигала 20-50 км. По мере распространения в открытое море они, под влиянием сил вращения Земли и общего переноса вод, закономерно отклонялись в северном направлении, формируя антициклонические структуры.

В секторе от м. Пицунда до устья р. Псецуапсе (п. Лазаревское) сформировалось сложное вихревое поле, состоявшее из ряда прибрежных антициклонических вихрей (ПАВ) и вихревых диполей. ОЧТ не имело четко выраженной главной струи. Ширина зоны, в которой происходил общий северо-западный перенос вод, в районе от м. Пицунда до Сочи достигала 70 км. В этой зоне наблюдалось обширное поле разнонаправленных локальных течений и вихрей. Активизация антициклонической завихренности, по всей видимости, была вызвана переменным воздействием ветра, преимущественно, восточных румбов.

В центральном секторе из-за гидродинамической неустойчивости ОЧТ меандрировало относительно кромки континентального шельфа, огибая крупный ПАВ, смещавшийся на северо-запад в районе м. Грязнова-Джубги, и мористые циклонические вихри. В области юго-восточной периферии этого ПАВ наблюдалось кросс-шельфовое течение, выносившее загрязненные прибрежные вод в открытое море на расстояние более 50 км от берега. На траверзе Южной Озереевки ОЧТ отклонялось в западном направлении. В секторе от Керченского пролива до Анапы в отдельные дни декады прослеживались квазистационарные ПАВ, в районе м. Утриш отмечались кросс-шельфовые течения переменной интенсивности.

Согласно альтиметрическим данным ИСЗ *JASON-2* и *CRYOSAT-2* (рис. 3), в российском секторе 1-3 апреля преобладали отрицательные аномалии уровня моря. Обширная депрессия располагалась в шельфово-склоновой зоне от м. Утриш до Гудаутского мелководья. В глубоководных районах моря в районе 42-43°с.ш. и 38,0-40,5°в.д. наблюдалась положительная аномалия уровня моря с максимумом вблизи 42,2°с.ш. и 39,5°в.д. 4 апреля в прибрежной зоне от Керченского полуострова до м. Идокопас сформировалась положительная аномалия уровня моря, сохранявшаяся затем до 8 апреля. Юго-восточнее от м. Идокопас до м. Пицунда вплоть до 6 апреля в прибрежной зоне сохранялась отрицательная аномалия уровня моря, в глубоководном районе – положительная аномалия, максимум которой сместился в район 42,5°с.ш. и 38,7°в.д. В конце декады (после усиления 8 апреля северо-восточного ветра до 10-15 м/с в секторе от Керченского полуострова до м. Грязнова и юго-восточного ветра до 8-12 м/с в секторе от м. Грязнова до м. Пицунда) в шельфово-склоновой зоне преобладали

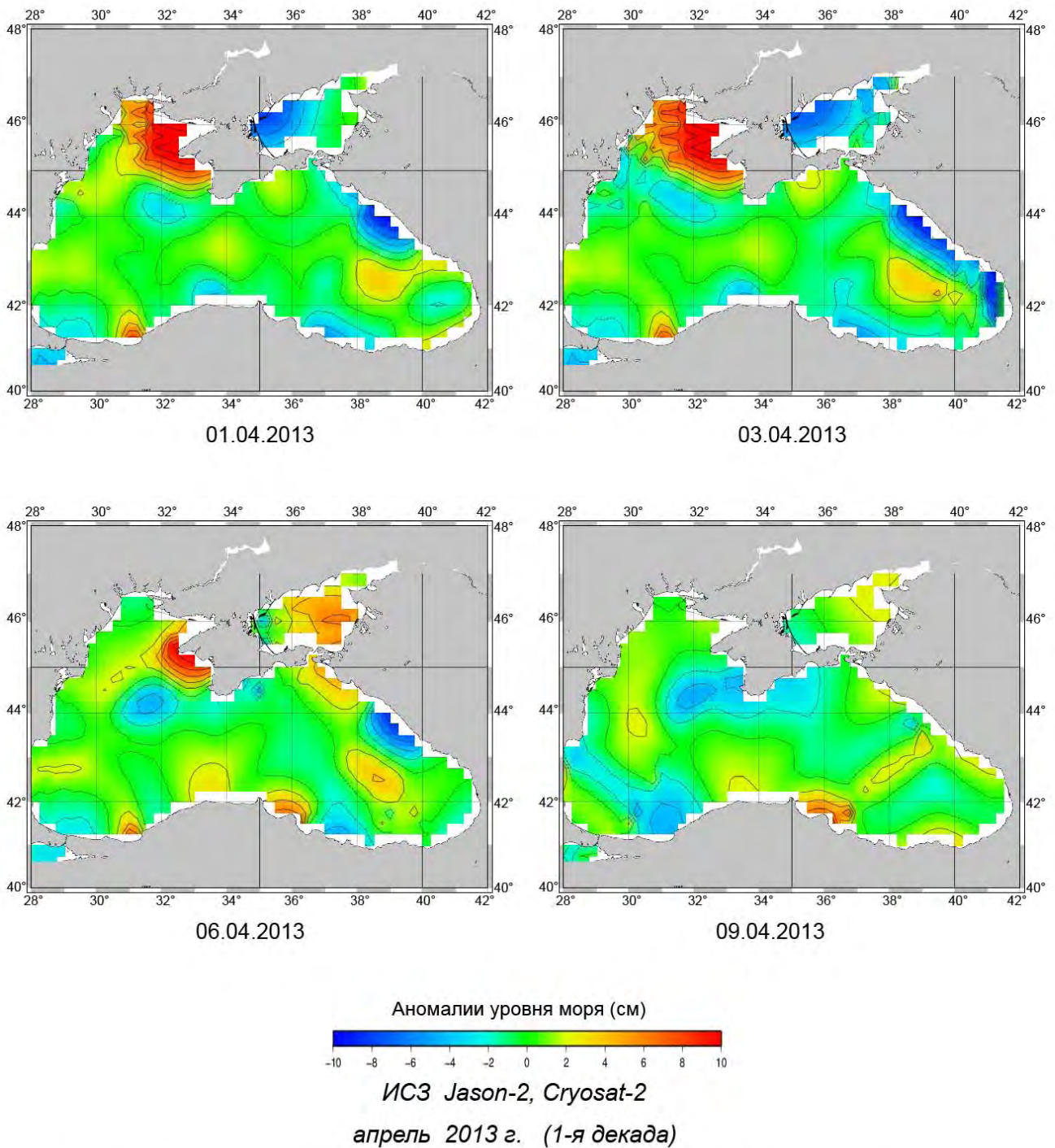


Рис. 3. Изменение уровня поверхности Черного моря по результатам спутниковых альтиметрических измерений (получено на основе алгоритмов CCAR, USA).

незначительные (2-4 см) положительные аномалии. Небольшая отрицательная аномалия в виде антициклонической структуры отмечалась лишь вблизи  $43,8^{\circ}$ с.ш. и  $38,7^{\circ}$ в.д. Батумского антициклона в первой декаде апреля не наблюдалось. Вероятность поступления в прибрежные районы российского сектора взвешенного вещества и загрязнений вдоль побережья из абхазского сектора моря, судя по альтиметрическим данным, в первой и в начале второй пятидневки апреля была повышенной, в конце декады - умеренной.

Термическое состояние вод Азово-Черноморского бассейна оценивалось на основе данных радиометра *AVHRR* ИСЗ *NOAA* в спектральном диапазоне 10,3-11,3 мкм и данных аппаратуры *MODIS* ИСЗ *AQUA* в спектральном диапазоне 10,8-11,3 мкм с разрешением 1000 м (рис. 4).

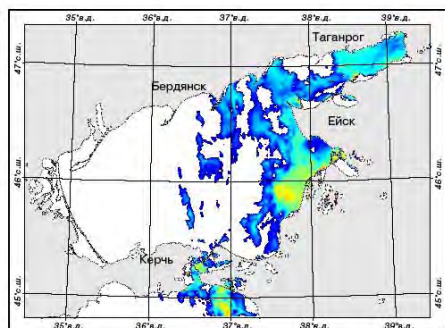
В первой декаде апреля в акватории российского сектора Черного моря распределение значений температуры поверхности моря (ТПМ) было неоднородным. В начале декады значения ТПМ в южном секторе составляли  $10-12^{\circ}\text{C}$ , а в северном секторе были на  $2^{\circ}\text{C}$  ниже. Максимальные значения температуры поверхностного слоя моря до  $14^{\circ}\text{C}$  наблюдались 3 апреля в шельфово-склоновой зоне от м. Пицунда до Сочи, в области антициклонического вихря и кросс-шельфового течения в секторе от м. Грязнова до Джубги. В середине и в конце декады значения ТПМ несколько снизились и в среднем составляли в дневное время в открытом море  $7-9^{\circ}\text{C}$ , у побережья  $9-11^{\circ}\text{C}$ . В ночное время значения ТПМ были на  $1,0-1,5^{\circ}\text{C}$  ниже. Следует отметить, что значения ТПМ в российском секторе Черного моря в первой декаде апреля текущего года на  $2-4^{\circ}\text{C}$  превысили показатели, наблюдавшиеся в аналогичный период 2011-2012 гг., и в среднем были близки к показателям 2010 г.

В Азовском море в первой декаде апреля значения ТПМ были в среднем на несколько градусов ниже. В первые дни декады температура поверхностного слоя в центральной части акватории составляла  $8^{\circ}\text{C}$ , в Таганрогском заливе - около  $6^{\circ}\text{C}$ . В мелководных лиманах на восточном побережье в результате дневного прогрева значения ТПМ достигали  $10-12^{\circ}\text{C}$ . В середине декады из-за влияния воздушных масс и переменной облачности дальнейшего прогрева поверхностного слоя моря не наблюдалось. В центральной части акватории в конце декады значения ТПМ не поднимались выше  $6,5^{\circ}\text{C}$ , у восточного побережья составляли  $8-11^{\circ}\text{C}$ .

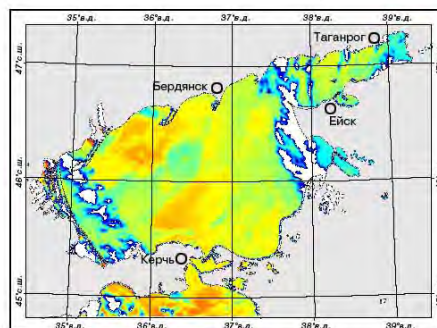
Анализ изменения в течение первой декады апреля экологического состояния вод Азово-Черноморского бассейна был выполнен на основе следующих видов спутниковой информационной продукции, полученной с использованием аппаратуры *MODIS* ИСЗ *TERRA* и *AQUA*: цветосинтезированных изображений акваторий Черного и Азовского морей; карт средних за декаду значений концентрации хлорофилла-а и значений коэффициента диффузного ослабления излучения на длине волны 490 нм  $K_d(490)$ ; карт текущих значений нормализованной яркости излучения, выходящего из морской среды, на длине волны 551 нм (*NLW\_551*).



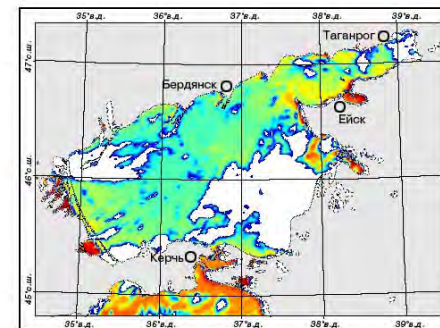
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ФГБУ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КОСМИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ "ПЛАНЕТА"



01.04.2013 г. 10:41 UTC

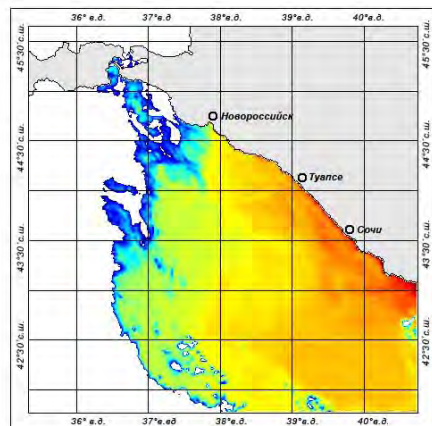
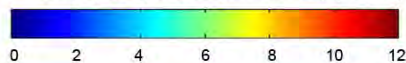


03.04.13 г. 10:29 UTC

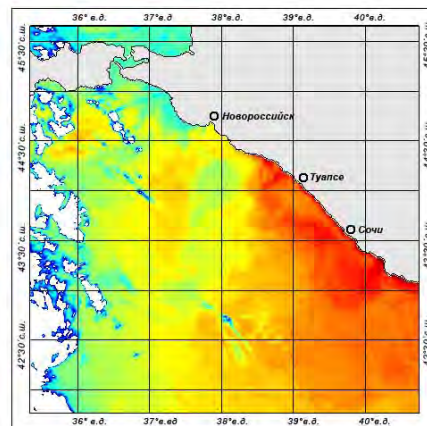


06.04.13 г. 11:00 UTC

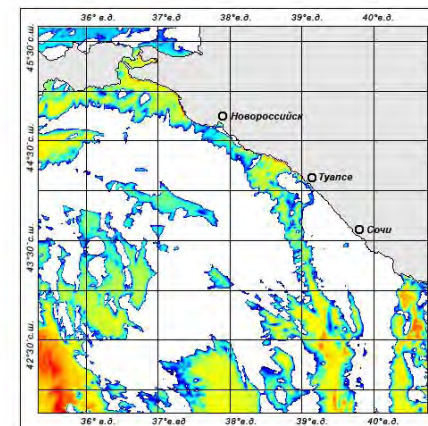
Температура поверхности моря (°C)



01.04.13 г. 10:41 UTC

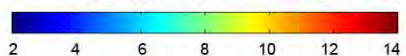


03.04.13 г. 10:29 UTC



06.04.13 г. 11:00 UTC

Температура поверхности моря (°C)



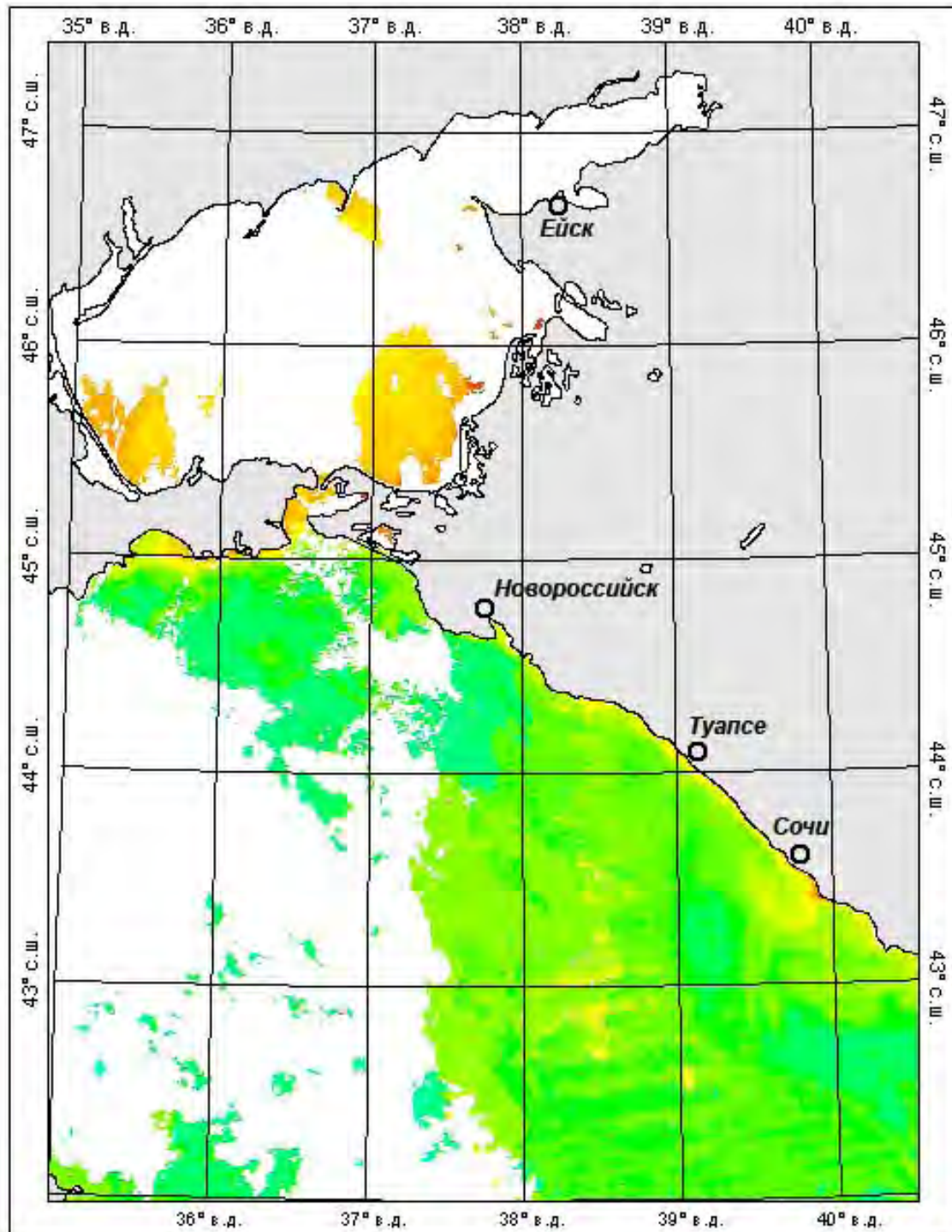
ИСЗ AQUA, MODIS, разрешение 1000 м  
(данные приняты на станции DUAL MEOS Polar фирмы Kongsberg, Москва)

Рис. 4. Распределение термических структур на поверхности Азовского и Черного морей в дневное время.

Экологическая обстановка в российском секторе Черного моря в первой декаде апреля была достаточно сложной и определялась результатом действия суммы факторов: выпадением атмосферных осадков в третьей декаде марта и в начале апреля, таянием снега в горных районах, нестабильной гидродинамической ситуацией в прибрежной зоне, низкой активностью фитопланктона и механизмов биологической очистки моря. Сложившаяся гидродинамическая ситуация частично способствовала обмену вод между прибрежной зоной и открытым морем, а частично - блокировала северо-западный перенос вод, что приводило к локальным накоплениям загрязнений в прибрежной зоне. Кратковременные кросс-шельфовые течения наблюдались в районе м. Пицунда – Сочи, в районах м. Грязнова – Джубги, м. Утриш, области ослабления прибрежного переноса и развития реверсивных течений отмечались на участках Адлер-Лазаревское, м. Грязнова - м. Идокопас.

Интенсивность развития фитопланктона в Черном море и содержание хлорофилла-а в морской воде в течение декады были пониженными. Наименьшие значения концентрации хлорофилла-а наблюдались в центральной части Черного моря на расстояниях более 100 км от берега, где содержание фитопланктона не превышало 0,5-0,6 мг/м<sup>3</sup> (рис. 5). В области действия потока ОЧТ в мористых акваториях концентрация хлорофилла-а повышалась до 0,8-1,0 мг/м<sup>3</sup>. Перераспределение зон повышенного содержания фитопланктона и вод повышенной мутности в области ОЧТ происходило, в значительной степени, под влиянием динамики вихревых структур. Повышенные значения концентрации хлорофилла-а наблюдались в области вихревых структур в секторе акватории от м. Пицунда до Сочи, в секторе от м. Грязнова до м. Идокопас. В прибрежной зоне значения концентрации хлорофилла-а отличались нестабильностью, в отдельные дни (3 апреля) в узкой прибрежной полосе от Адлера до м. Идокопас регистрировались значения до 2-3 мг/м<sup>3</sup>, однако затем они вновь снижались до 1,0-1,5 мг/м<sup>3</sup>. В течение декады, несмотря на высокое содержание биогенных элементов в прибрежных водах, основным фактором, лимитирующим развитие фитопланктона, являлся недостаток солнечной радиации. В Керченском проливе значения концентрации хлорофилла-а достигали 3-4 мг/м<sup>3</sup>, прослеживалось поступление биопродуктивных азовских вод в Черное море, распространявшихся преимущественно вдоль побережья Керченского полуострова к Феодосийскому заливу, где содержание хлорофилла-а в конце декады достигало 2-3 мг/м<sup>3</sup>.

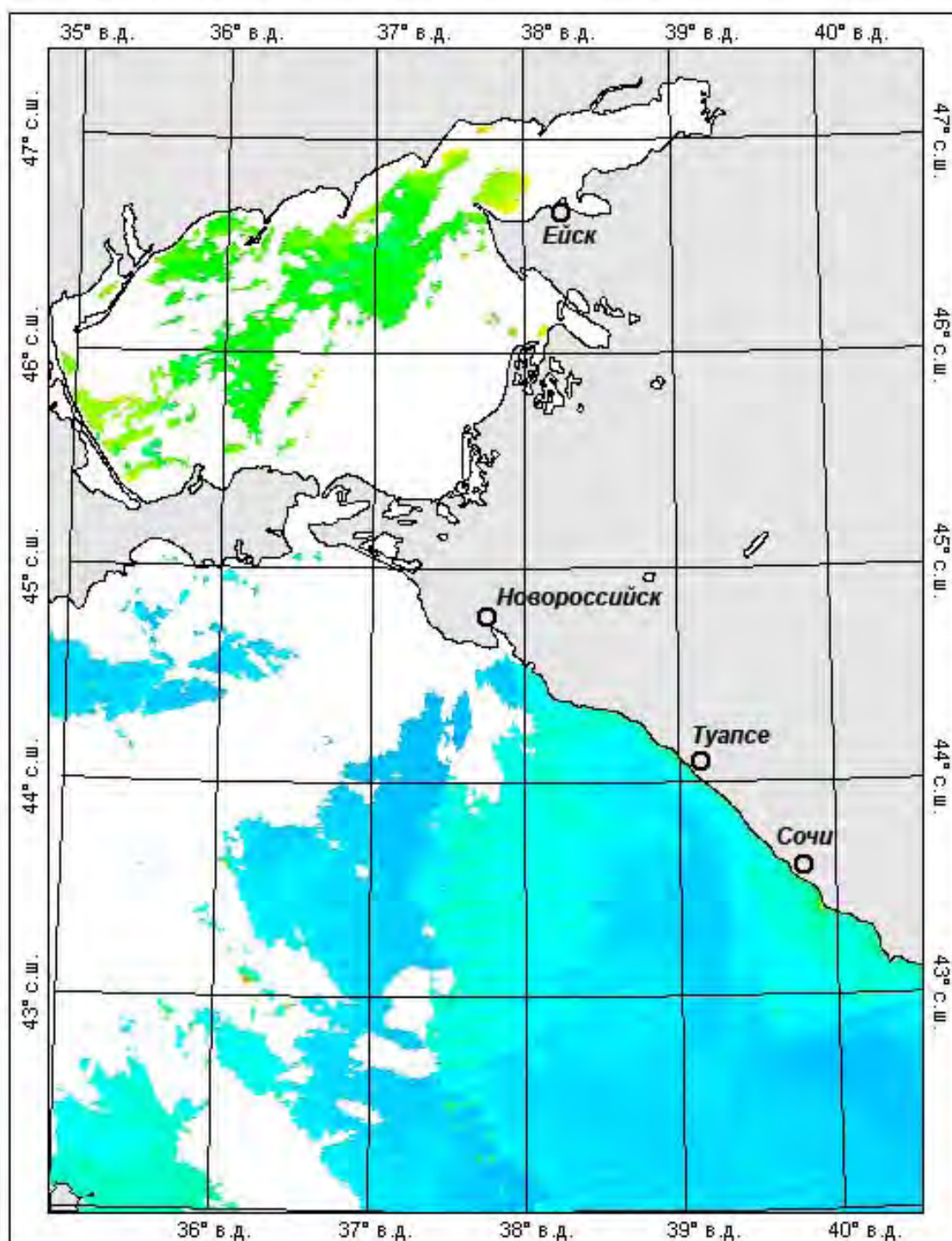
Значения  $K_d$  в глубоководных районах изменялись в пределах 0,07-0,08 м<sup>-1</sup>, в мористых акваториях в области действия основного потока ОЧТ - в диапазоне 0,08-0,10 м<sup>-1</sup> (рис. 6). В шельфово-склоновой зоне от Адлера до Сочи значения  $K_d$ , изменялись в пределах 0,1-0,3 м<sup>-1</sup> и регистрировались в полосе шириной до 60 км. Значения показателя  $NLW_{551}$  в прибрежной зоне российского сектора изменялись в диапазоне 0,5-3,0 мВт·см<sup>-2</sup>·мкм<sup>-1</sup>·стер<sup>-1</sup> (рис. 7). Максимальные значения 2,0-3,0 мВт·см<sup>-2</sup>·мкм<sup>-1</sup>·стер<sup>-1</sup> отмечались в первой пятидневке в узкой прибрежной полосе (1-2 км) от м. Пицунда до м.



ИСЗ AQUA (MODIS), разрешение 1000м, 1 декада апреля 2013 г.

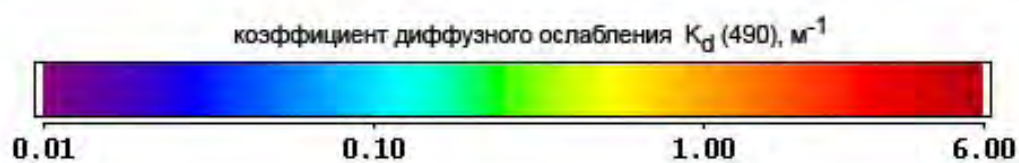
Рис. 5. Карта среднедекадных значений концентрации хлорофилла-а в Азовском море и северо-восточной части Черного моря.

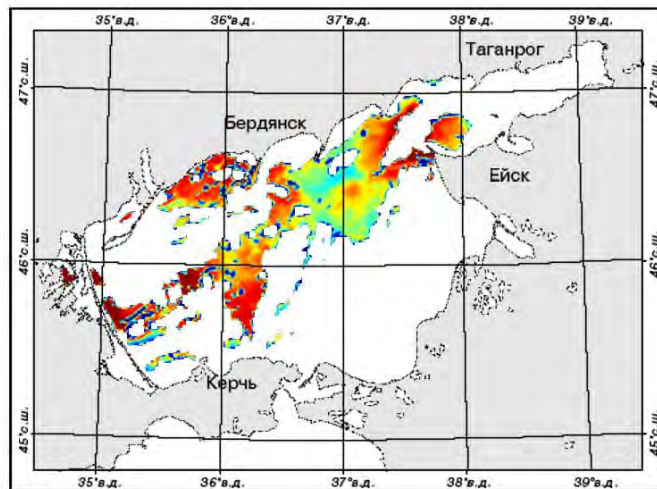




ИСЗ AQUA (MODIS), разрешение 1000 м, 1 декада апреля 2013 г.

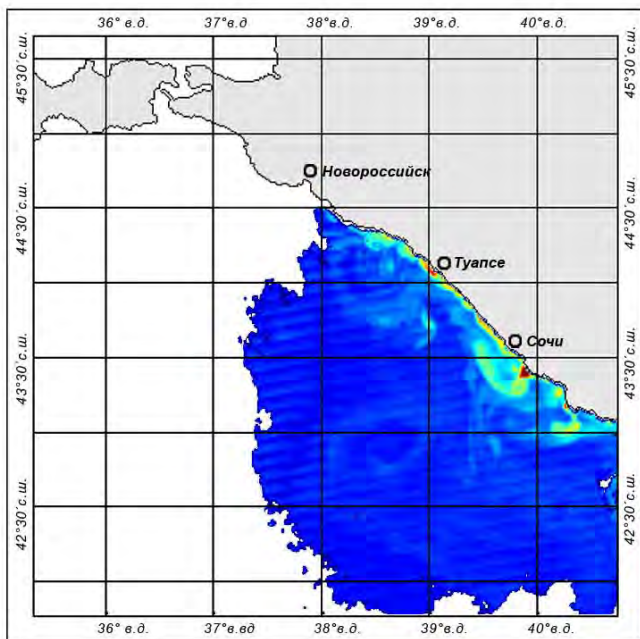
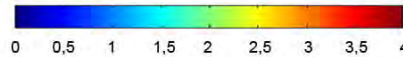
Рис.6. Карта среднедекадных значений коэффициента диффузного ослабления  $K_d(490)$  в Азовском море и северо-восточной части Черного моря.



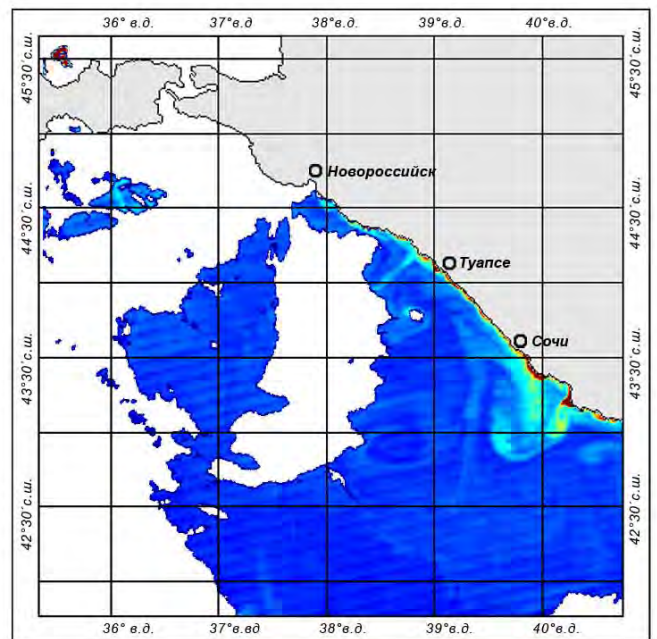


06.04.13 г. 11:00 UTC

Интенсивность восходящего излучения, NLW\_551 ( $\text{мВт}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{мкм}^{-1}\cdot\text{стер}^{-1}$ )

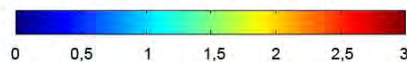


01.04.13 г. 10:41 UTC



03.04.13 г. 10:29 UTC

Интенсивность восходящего излучения, NLW\_551 ( $\text{мВт}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{мкм}^{-1}\cdot\text{стер}^{-1}$ )



ИСЗ AQUA, MODIS, разрешение 1000 м  
 (данные приняты на станции DUAL MEOS Polar фирмы Kongsberg, Москва)

Рис. 7. Карты распределения нормализованной интенсивности восходящего излучения морской среды на длине волн 551 нм в Азовском и Черном морях.

Идокопас и в областях кросс-шельфовых течений и вихревых структур в секторе акватории от м. Пицунда до Сочи, а также в секторе от м. Грязнова до м. Идокопас.

В Азовском море в первой декаде апреля экологическое состояние вод, в основном, определялась интенсивностью ветрового воздействия. Усиление восточного ветра до 3-8 м/с отмечалось 4-5 апреля, юго-западного ветра до 5-9 м/с - 6 апреля, северного и северо-восточного ветра до 10-15 м/с - 8-9 апреля. В течение декады усиление ветра вызывало взмучивание донных осадков преимущественно в западной и южной части моря, а формировавшееся поле течений приводило к скоплению интенсивно взмученных вод в центральной и юго-западной части моря.

Значения концентрации хлорофилла-а и показателя диффузного ослабления  $K_d$ , в целом, были близки к климатической норме, однако, как и в аналогичные периоды 2010-2012 годов, наблюдалось некоторое запаздывание развития фитопланктона в наиболее продуктивных районах моря, вызванное малым количеством солнечных дней. Значения концентрации хлорофилла-а в приповерхностном слое изменялись от 3-5 мг/м<sup>3</sup> до 10-15 мг/м<sup>3</sup> и более. Распределение значений показателя  $K_d(490)$  примерно соответствовало распределению концентрации хлорофилла-а. В центральном и западном районах моря значения  $K_d$  составляли 0,2-0,3 м<sup>-1</sup>. Наибольшие значения (до 0,4-0,6 м<sup>-1</sup>) наблюдались в Таганрогском заливе. Распределение значений параметра  $NLW_{551}$  меньше коррелировало с распределением значений концентрации хлорофилла-а, но корректнее отражало характер распределения взвесей по акватории моря. Значения этого показателя изменялись в от 1,5 до 4,0 мВт·см<sup>-2</sup>·мкм<sup>-1</sup>·стер<sup>-1</sup>. Максимальные значения 3,0-4,0 мВт·см<sup>-2</sup>·мкм<sup>-1</sup>·стер<sup>-1</sup> наблюдались в центральной и северо-западной части моря 6 апреля.

### Заключение

В первой декаде апреля гидродинамические процессы и экологическая обстановка в российском секторе Черного моря (рис. 8) определялась, в основном, неустойчивыми синоптическими ветровыми условиями (рис. 11-13), а также паводковой ситуацией из-за таяния снега в горах и сильных дождей, прошедших в конце марта и в первой половине декады (рис. 9, 10, 14). Крупномасштабная циркуляция имела переходный характер (от зимнего режима к весенне-летнему) и примерно соответствовала средним многолетним показателям для этого времени года. При умеренном ветровом воздействии Основное черноморское течение (ОЧТ) носило локально-неустойчивый характер при сохранении общего северо-западного переноса вод. Стрежень ОЧТ в южной части российского сектора моря располагался на расстоянии 35-50 км от берега, в центральном секторе - 20-30 км от берега. Скорость течения в области стрежня ОЧТ достигала 0,20-0,35 м/с.

Интенсивные осадки, выпавшие на побережье и в предгорных районах в 3-й декаде марта (более 2-х декадных норм) и 2 апреля, в сумме с сезонным

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
 ФГБУ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КОСМИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ «ПЛАНЕТА»

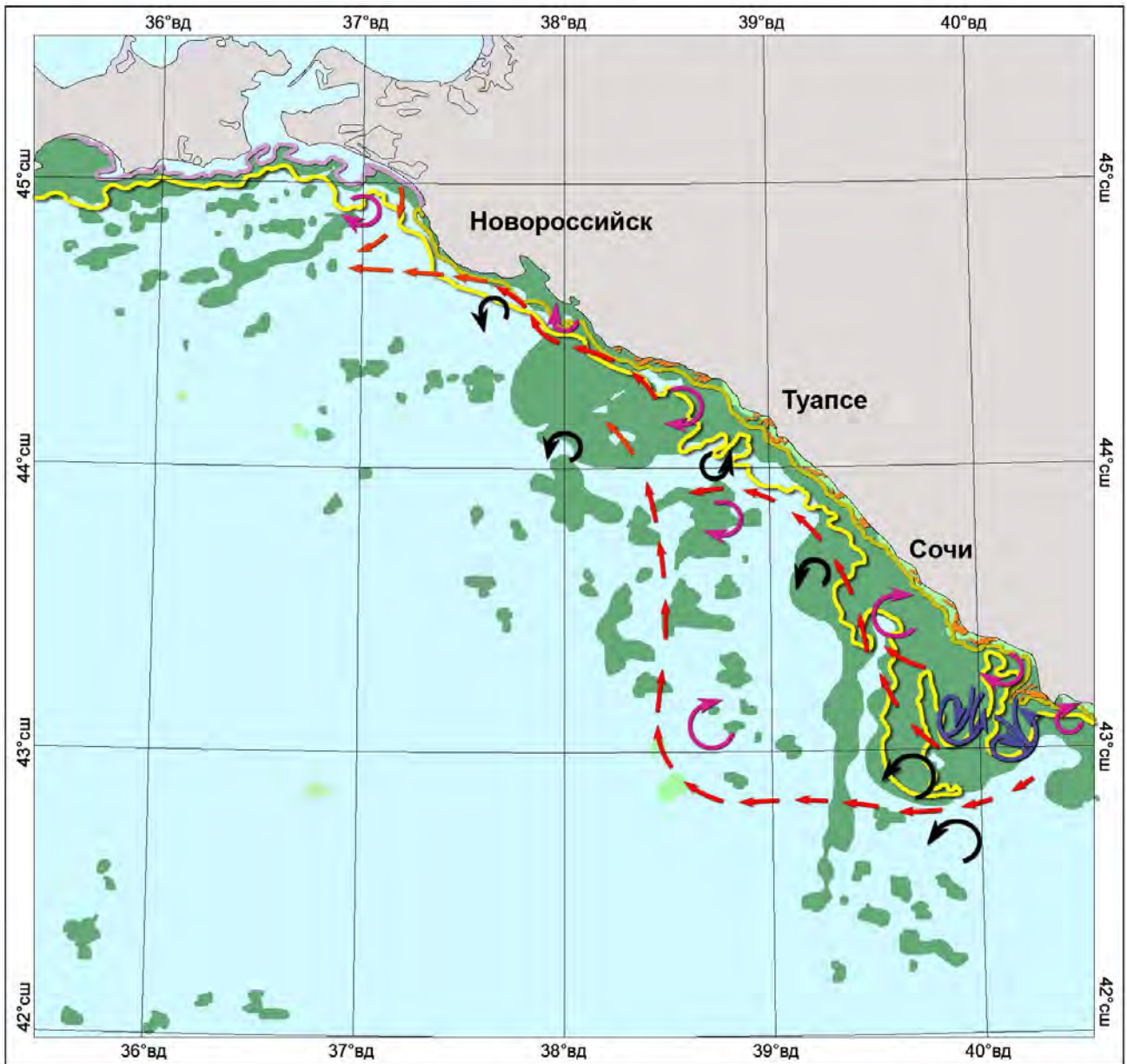










Рис.8. Обобщенная карта-схема состояния и загрязнения водной среды в российском секторе Черного моря в первой декаде апреля 2013 г.

- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|  | - примерное положение Основного черноморского течения |  | - зона интенсивно взмученных вод            |
|  | - антициклонические вихри                             |  | - зона слабо взмученных вод                 |
|  | - циклонические вихри                                 |  | - зона речного стока                        |
|  | - граница азово-черноморских вод                      |  | - зона повышенного содержания фитопланктона |
|  | - вихревые диполи                                     |  | - зона умеренного содержания фитопланктона  |

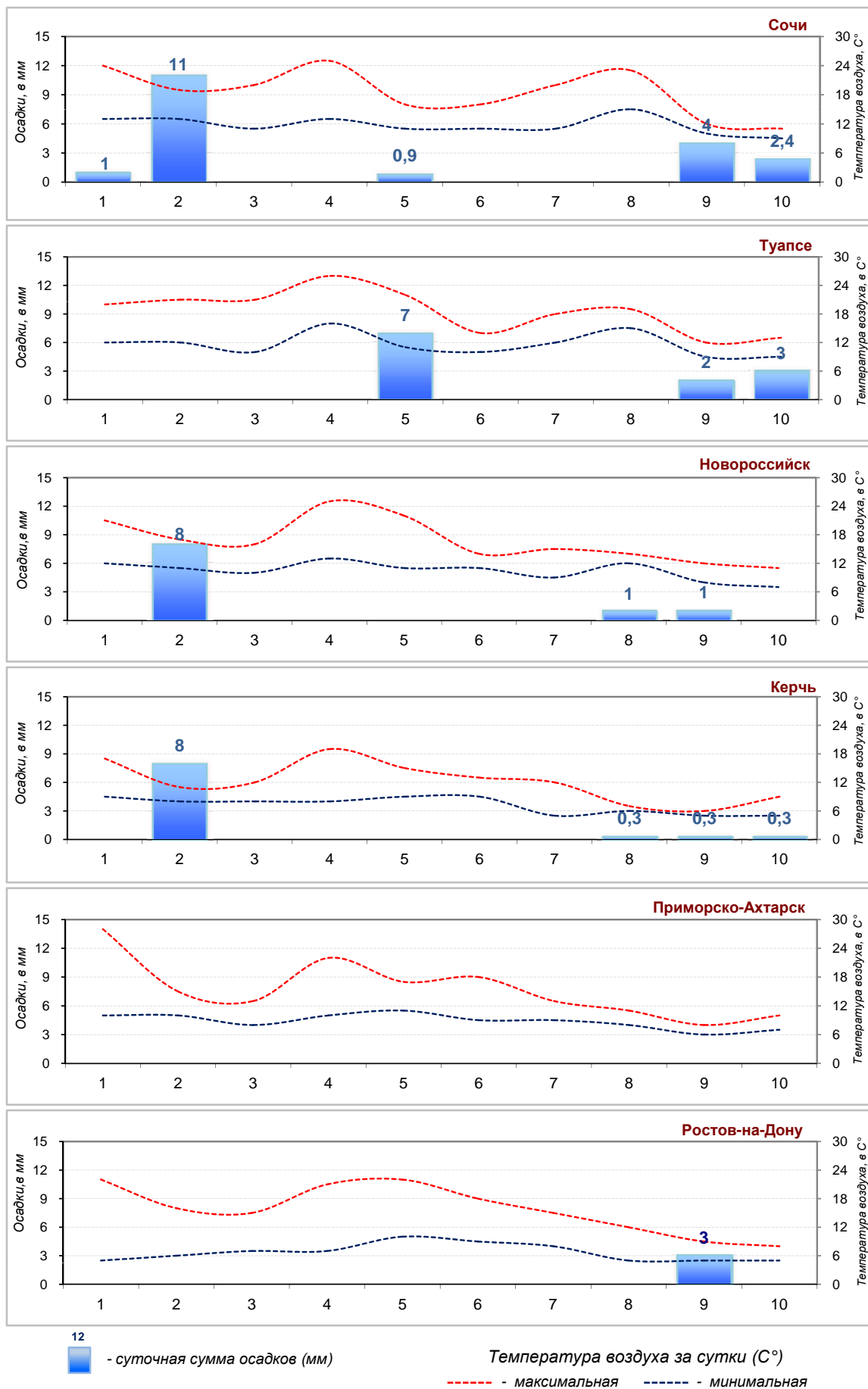
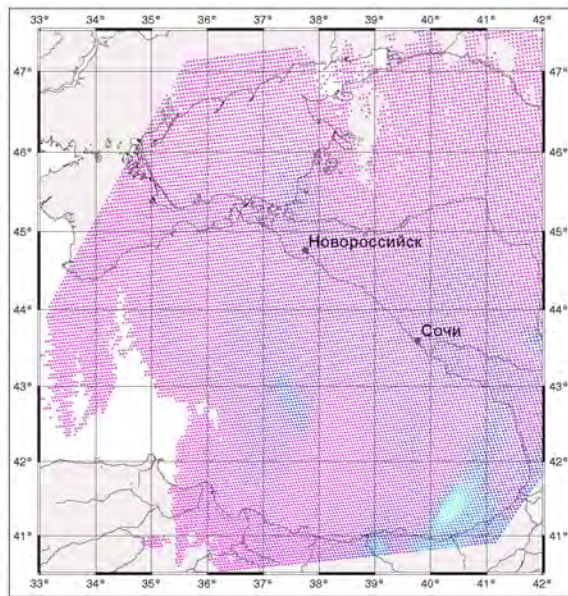


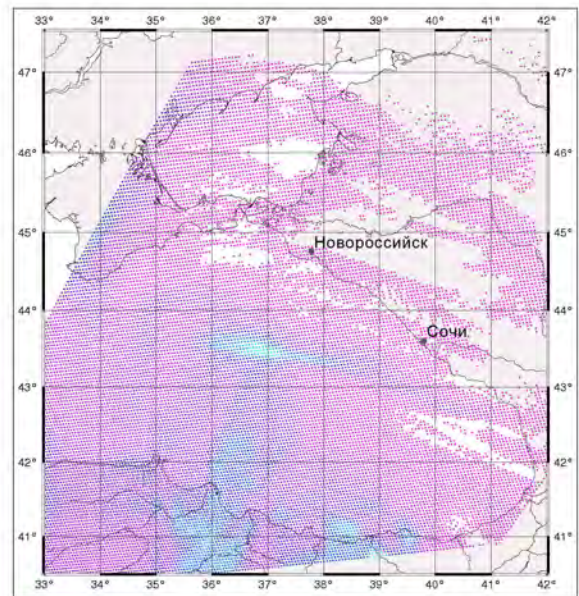
Рис. 9. Осадки (мм) и температура воздуха (С°) по данным измерений на станциях Сочи, Туапсе, Новороссийск, Приморско-Ахтарск, Керчь и Ростов-на-Дону за 1 декаду апреля 2013 года.



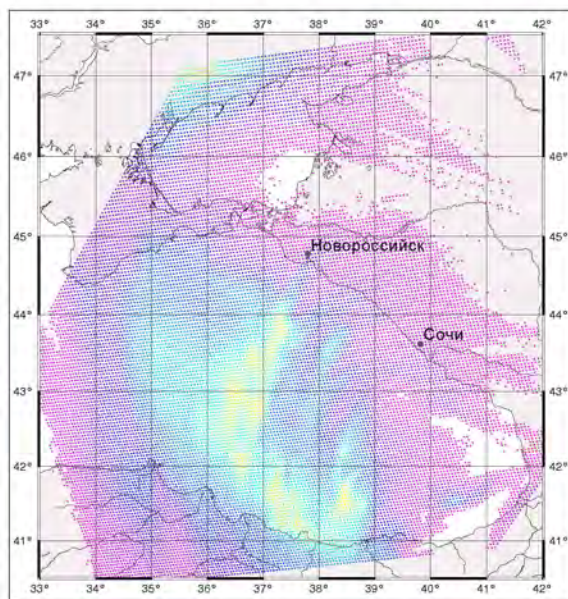
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ФГБУ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КОСМИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ "ПЛАНЕТА"



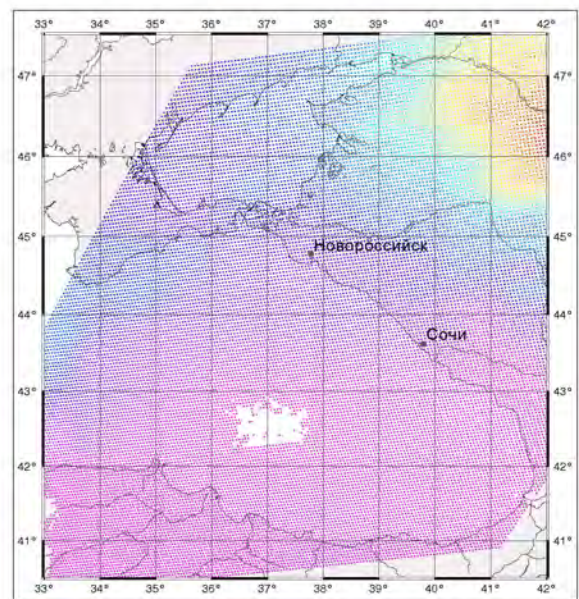
02.04.2013



03.04.2013



04.04.2013



07.04.2013

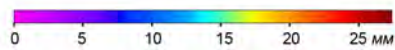


Рис.10. Суточные суммы осадков (в мм) по данным ИСЗ Meteosat-10/SEVIRI.

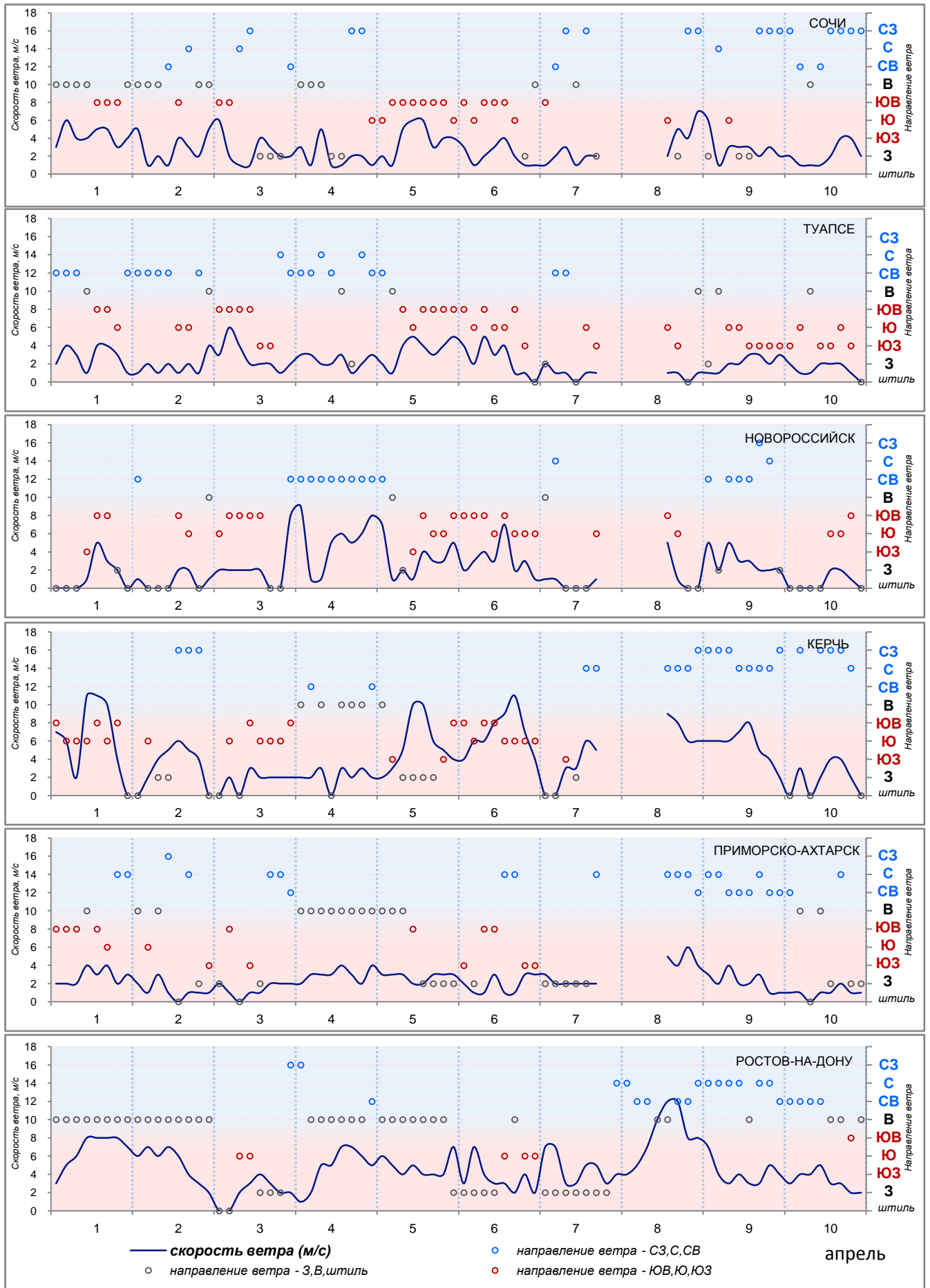


Рис.11. Скорость ветра (м/с) по данным измерений на станциях Сочи, Туапсе, Новороссийск, Приморско-Ахтарск, Керчь и Ростов-на-Дону за 1 декаду апреля 2013 года.

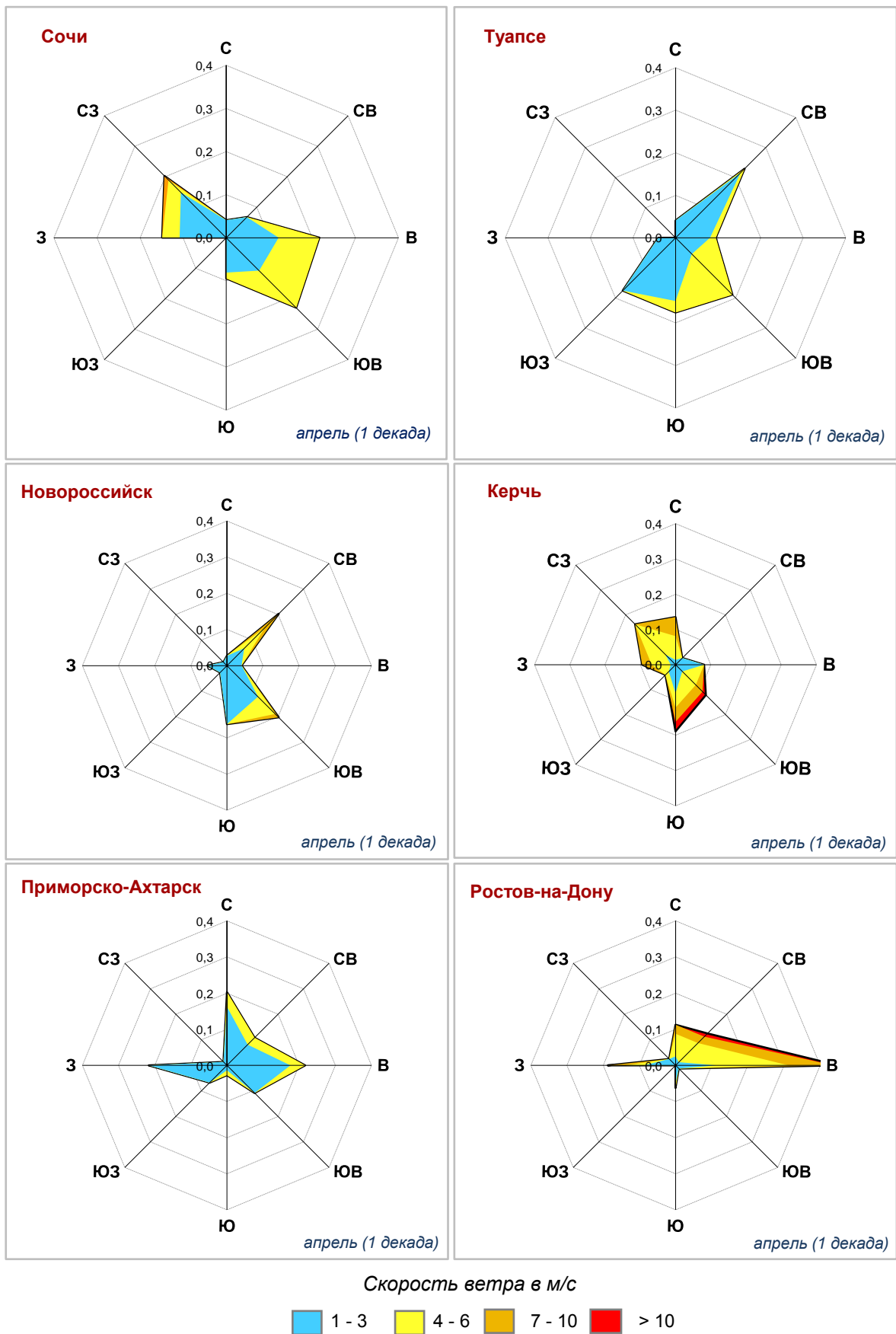
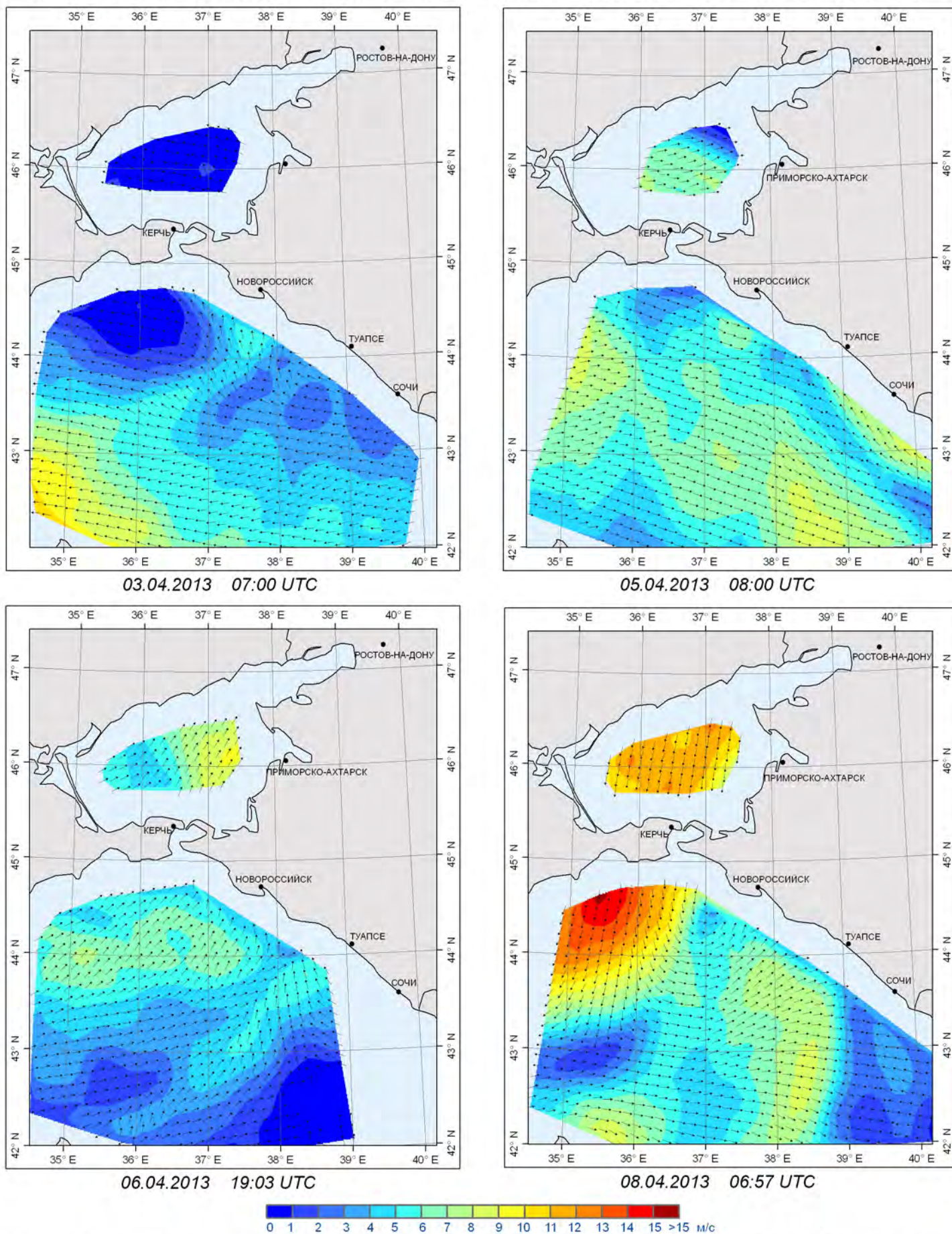


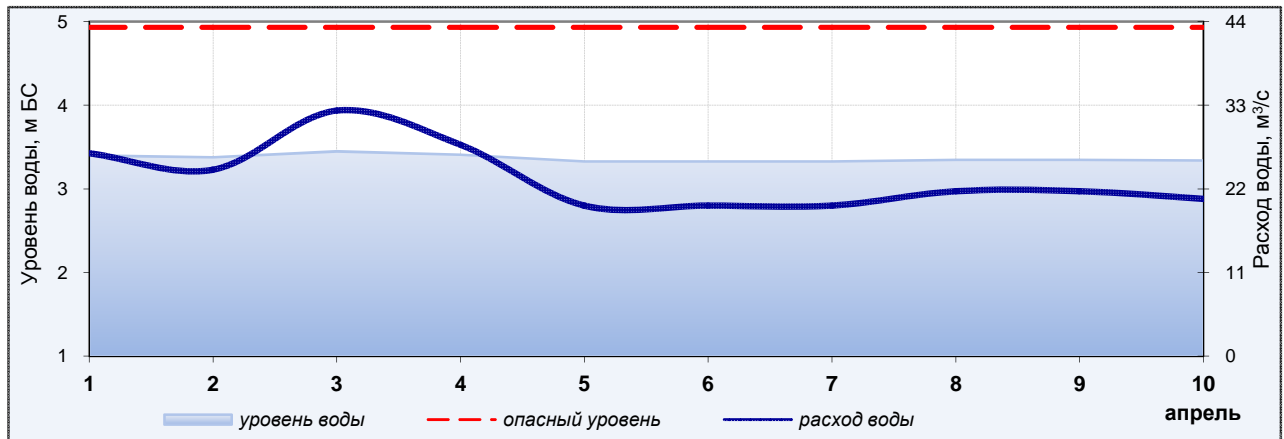
Рис.12. Розы ветров (скорость и направление) по данным измерений на станциях Сочи, Туапсе, Новороссийск, Приморско-Ахтарск, Керчь и Ростов-на-Дону за 1 декаду апреля 2013 года.



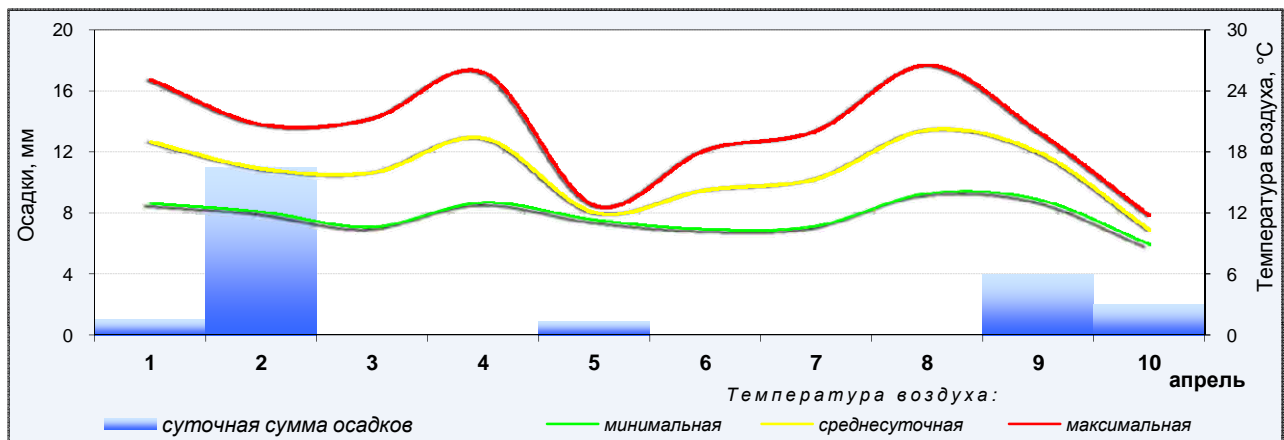
Данные скаттерометра ASCAT ИСЗ "MetOp-A", разрешение 12.5 км

1 декада апреля 2013г.

Рис.13. Распределение значений скорости приводного ветра в северо-восточной части Азово-Черноморского бассейна.



а)



б)

Рис. 14. Графики гидрометеорологических параметров по данным измерений на станциях р.Сочи - г.Сочи в 1 декаде апреля 2013 г.:

- а) уровень воды (м БС) и расход воды (м³/с);
- б) суточная сумма осадков (мм) и температура воздуха (°C)  
(минимальная, среднесуточная, максимальная)

эффектом таяния снега в горах, привели к образованию в первой половине декады мощных выносов (факелов) речных вод. Длина шлейфов взмученных речных вод достигала 20-50 км. В секторе от м. Пицунда до устья р. Псеуапсе (п. Лазаревское) сформировалось сложное вихревое поле, состоявшее из ряда прибрежных антициклонических вихрей (ПАВ) и вихревых диполей. ОЧТ не имело четко выраженной главной струи. Ширина зоны, в которой происходил общий северо-западный перенос вод, в районе от м. Пицунда до Сочи достигала 70 км. В этой зоне наблюдалось обширное поле разнонаправленных локальных течений и вихрей. В центральном секторе ОЧТ меандрировало относительно кромки континентального шельфа, огибая крупный ПАВ, смещавшийся на северо-запад в районе м. Грязнова-Джубги, и мористые циклонические вихри. В области юго-восточной периферии этого ПАВ наблюдалось кросс-шельфовое течение, выносившее загрязненные прибрежные воды в открытое море на расстояние более 50 км от берега. На траверзе Южной Озереевки ОЧТ отклонялось в западном направлении. В секторе от Анапы до Керченского пролива в отдельные дни прослеживался квазистационарный ПАВ, в районе м. Утриш - кросс-шельфовое течение переменной интенсивности.

Экологическая обстановка в российском секторе Черного моря в первой декаде апреля была достаточно сложной. Сложившаяся гидродинамическая ситуация частично способствовала обмену вод между прибрежной зоной и открытым морем, а частично - блокировала их поступательный перенос, что приводило к локальным накоплениям загрязнений в прибрежной зоне. Кратковременные кросс-шельфовые течения наблюдались в районе м. Пицунда – Сочи, в районе м. Грязнова – Джубги, в районе м. Утриш, области ослабления прибрежного переноса и развития реверсивных течений – на участках Адлер-Лазаревское, от м. Грязнова до м. Идокопас.

Наименьшие значения концентрации хлорофилла-а  $0,5-0,6 \text{ мг/м}^3$  и  $K_d(490)$  наблюдались в центральной части Черного моря на расстояниях более 100 км от берега. В области ОЧТ и в прибрежных районах моря концентрации хлорофилла-а и значения  $K_d$  изменялись от  $0,8-1,0 \text{ мг/м}^3$  до  $1,0-1,5 \text{ мг/м}^3$  и от  $0,08-0,10 \text{ м}^{-1}$  до  $0,1-0,3 \text{ м}^{-1}$  соответственно. Перераспределение зон повышенного содержания фитопланктона и вод повышенной мутности в значительной степени происходило под влиянием динамики вихревых структур. Повышенные значения концентрации хлорофилла-а т воды повышенной степени мутности наблюдались в области вихревых структур в акватории от м. Пицунда до Сочи и от м. Грязнова до м. Идокопас. В прибрежной зоне значения концентрации хлорофилла-а отличались нестабильностью, в отдельные дни (3 апреля) в узкой прибрежной полосе от Адлера до м. Идокопас регистрировались значения до  $2-3 \text{ мг/м}^3$ , однако затем они вновь снижались до  $1,0-1,5 \text{ мг/м}^3$ . В Керченском проливе значения концентрации хлорофилла-а достигали  $3-4 \text{ мг/м}^3$ . Биопродуктивные азовские воды, поступающие в Черное море, распространялись преимущественно вдоль побережья Керченского полуострова к Феодосийскому заливу, где

содержание хлорофилла-а в конце декады достигало 2-3 мг/м<sup>3</sup>. Значения показателя  $NLW_{551}$  в прибрежной зоне изменялись в диапазоне 0,5-3,0 мВт·см<sup>-2</sup>·мкм<sup>-1</sup>·стер<sup>-1</sup>. Максимальные значения 2,0-3,0 мВт·см<sup>-2</sup>·мкм<sup>-1</sup>·стер<sup>-1</sup> отмечались в первой пятидневке в узкой прибрежной полосе (1-2 км) от м. Пицунда до м. Идокопас и в областях кросс-шельфовых течений и вихревых структур от м. Пицунда до Сочи и от м. Грязнова до м. Идокопас.

В Азовском море в первой декаде апреля экологическое состояние вод, в основном, определялась интенсивностью ветрового воздействия. Усиление ветра вызывало взмучивание донных осадков преимущественно в западной и южной части моря, а формировавшееся поле течений приводило к скоплению интенсивно взмученных вод в центральной и юго-западной части моря. Значения концентрации хлорофилла-а и показателя диффузного ослабления  $K_d$ , в целом, были близки к климатической норме, однако, как и в аналогичные периоды 2010-2012 годов, наблюдалось некоторое запаздывание развития фитопланктона в наиболее продуктивных районах моря, вызванное малым количеством солнечных дней. Значения концентрации хлорофилла-а в приповерхностном слое изменялись от 3-5 мг/м<sup>3</sup> до 10-15 мг/м<sup>3</sup>. Распределение значений показателя  $K_d(490)$  примерно соответствовало распределению концентрации хлорофилла-а. В центральном и западном районах моря значения  $K_d$  составляли 0,2-0,3 м<sup>-1</sup>. Наибольшие значения (до 0,4-0,6 м<sup>-1</sup>) наблюдались в Таганрогском заливе. Значения показателя  $NLW_{551}$  изменялись от 1,5 до 4,0 мВт·см<sup>-2</sup>·мкм<sup>-1</sup>·стер<sup>-1</sup>. Максимальные значения 3,0-4,0 мВт·см<sup>-2</sup>·мкм<sup>-1</sup>·стер<sup>-1</sup> наблюдались в центральной и северо-западной части моря 6 апреля.

Текущая оперативная спутниковая продукция и декадные отчеты, выпускаемые по проекту, регулярно размещаются на сайте ФГБУ «НИЦ «Планета» <http://planet.iitp.ru/index1.html>. Вся подготовленная информационная продукция занесена в специализированный архив спутниковой информации ФГБУ «НИЦ «Планета».