

Г.К.Коротаев, С.Г.Демышев, В.Л.Дорофеев, В.В.Кныш,  
А.И.Кубряков, В.М.Суслин, Т.М.Баянкина, Н.Н.Воронина,  
А.М.Иванчик, М.В.Иванчик, М.В.Крыль, Н.Л.Мамчур,  
Ю.Б.Ратнер, А.Л.Холод, Н.В.Инюшина, А.И.Макаев,  
М.В.Мартынов, М.В.Шокуров

*Морской гидрофизический институт НАН Украины, г.Севастополь*

**АРХИТЕКТУРА И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ МЕЖДУНАРОДНОГО  
ЧЕРНОМОРСКОГО ЦЕНТРА МОРСКИХ ПРОГНОЗОВ,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ МГИ НАН УКРАИНЫ  
В РАМКАХ ПРОЕКТА ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА «МОЙ ОКЕАН»**

Описана архитектура действующей прогностической системы Международного центра морских прогнозов (*BS MFC*). Излагаются результаты валидации продуктов *BS MFC*, полученных за 2012 г.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *архитектура, прогностическая система, валидация, Черное море.*

**Введение.** В 2007 г. Европейским Союзом в соответствии с 7-ой рамочной программой *GMES (Global Monitoring for Environment and Security)* было принято решение о создании интегрированной общеевропейской системы диагноза и прогноза состояния океана. Это решение было основано на опыте, накопленном в ходе реализации проектов 5 и 6 рамочных программ, таких как *MERSI, MFSTEP* и другие. В ходе подготовки к практической реализации этого проекта в 2007 – 2008 гг. была предложена предварительная архитектура предлагаемой системы и на конкурсной основе проведен отбор участников проекта.

Морской гидрофизический институт НАН Украины принял участие в конкурсе на разработку Черноморского центра морских прогнозов – *BS MFC*, как одного из Европейских центров диагноза и прогноза состояния морей Европы и был включен в список основных исполнителей консорциума *MyOcean* <http://www.myocean.eu/>, созданного Европейским Союзом для реализации системы в 2009 г. В настоящее время МГИ продолжает вести эти работы в рамках проекта *MyOcean-2*. В консорциуме *MyOcean* и проекте *MyOcean-2* в настоящее время принимают участие 59 организаций из 28 стран мира. Украина является единственным государством, не состоящим в Европейском Союзе, которому поручено выполнение работ на уровне создания центра морских прогнозов.

**Архитектура действующей версии *BS MFC*.** Архитектура действующей версии *BS MFC* показана на функциональной схеме (рис.1). Международный центр диагноза и прогноза состояния Черного моря состоит из двух модулей – модуля диагноза, прогноза и реанализа состояния морской среды

© Г.К.Коротаев, С.Г.Демышев, В.Л.Дорофеев, В.В.Кныш, А.И.Кубряков,  
В.М.Суслин, Т.М.Баянкина, Н.Н.Воронина, А.М.Иванчик,  
М.В.Иванчик, М.В.Крыль, Н.Л.Мамчур, Ю.Б.Ратнер, А.Л.Холод,  
Н.В.Инюшина, А.И.Макаев, М.В.Мартынов, М.В.Шокуров, 2013

(*Production Unit – PU*) и модуля распространения и отображения продуктов *BS MFC (Dissemination Unit – DU)*. В состав *PU* входит подсистема приема и подготовки входных данных, получаемых по каналам Интернет; подсистемы диагноза и прогноза физических, биологических и оптических параметров состояния морской среды; подсистемы реанализа физических и биологических параметров Черного моря; подсистемы валидации результатов прогноза и реанализа состояния морской среды в акватории Черного моря; подсистема подготовки выходных данных диагноза и прогноза и подсистема управления вычислительными процессами. В состав *DU* входит подсистема архивирования результатов диагноза, прогноза и реанализа; подсистема сетевых интерфейсов и серверов; подсистема выходных интерфейсов – *MIS Gateway Portal* и подсистема интерфейсов сервиса. Оба модуля работают в автоматическом режиме. Работа *PU* реализуется с помощью собственной системы управления вычислительными процессами, базирующейся на основе программного комплекса *CalcMan*, предназначенного для разработки, отладки и выполнения заданий управления вычислительными процессами, созданного в отделе морских прогнозов МГИ НАН Украины [1]. Автоматическая работа *DU* реализуется на основе внедрения в *BS MFC* универсальных автоматизированных интерфейсов *MIS Gateway Portal*, разработанных разработчиками Центральной информационной системы центров морских прогнозов консорциума *MyOcean*.

В качестве входных данных системой *BS MFC* (рис.1) используется информация, поступающая по сети Интернет с интерфейсов. К этим интерфейсам относятся:

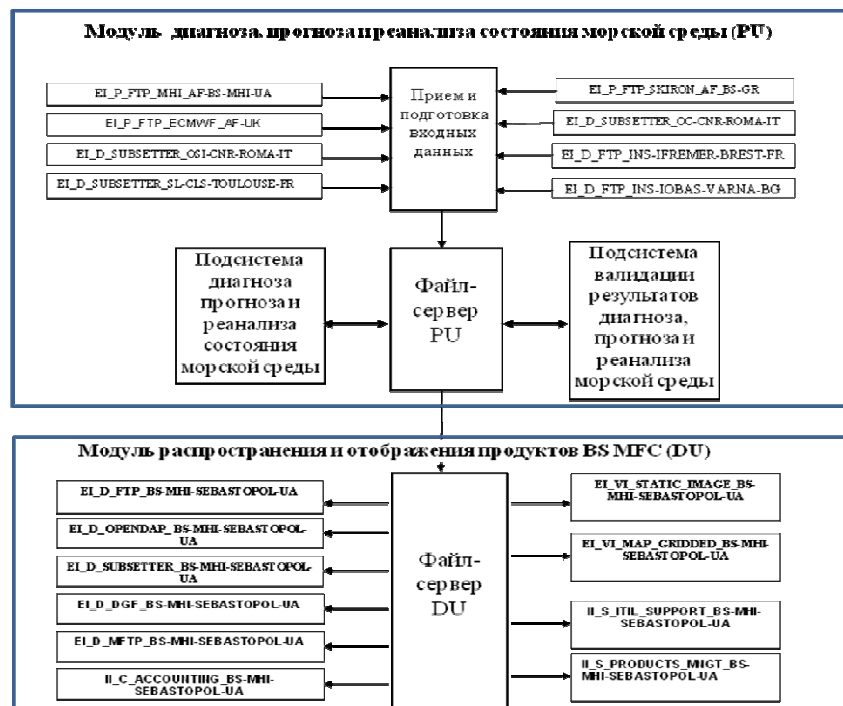


Рис. 1. Функциональная схема *BS MFC*.

- интерфейсы ввода данных атмосферного форсинга *SKIRON\_AF* (Греция) и *MHI\_AF* (МГИ НАН Украины);
- интерфейсы ввода спутниковых данных температуры морской поверхности *OSI\_CNR* (*MyOcean OSI TAC*);
- интерфейс ввода спутниковых данных аномалий уровня морской поверхности *SL\_CLS* (*MyOcean SL TAC*);
- интерфейс ввода спутниковых данных дистанционного зондирования морской поверхности в оптическом диапазоне электромагнитного спектра *OC\_CNR* (*MyOcean OC TAC*);
- интерфейсы ввода *in situ* данных *MyOcean INSITU TAC*.

В настоящее время Международным Черноморским центром морских прогнозов осуществляется подготовка и обеспечивается доступ потребителей к 4 продуктам, три из которых относятся к группе оперативных и один – к продуктам реанализа. К их числу относится информационный продукт, содержащий данные диагноза и прогноза физических параметров состояния Черного моря – температуры, солёности морской воды, горизонтальных компонент скоростей течений и уровня моря. Прогноз выполняется на срок до 5 суток и обновляется ежедневно. Информация о полях физических параметров выдается с периодичностью 1 раз в 3 часа на пространственной сетке узлов с горизонтальным разрешением 5 км – 238 узлов по долготе, 132 по широте и 38 неравномерно распределёнными узлами по глубине (минимальная дистанция между соседними узлами 2,5 м у поверхности, максимальная – 100, начиная с глубины от 300 м до 2100 м). Диагноз и прогноз физических параметров выполняется на основе использования гидродинамической модели МГИ [2] с использованием данных атмосферного форсинга и ассимиляцией спутниковых данных температуры и аномалий уровня морской поверхности, поступающих из *OSI TAC* и *SL TAC*.

Второй информационный продукт, содержит результаты диагноза и прогноза биологических параметров состояния Черного моря, получаемые с помощью модели, разработанной в МГИ [3]. В этом продукте содержится информация о полях концентрации фитопланктона и нитратов на пространственной сетке с горизонтальным разрешением 5 км (238 узлов по долготе, 132 – по широте) и 18 неравномерно распределёнными узлами по глубине (от 0 до 200 м). Узлы пространственной сетки биологической модели совпадают с соответствующими узлами пространственной сетки физической модели. Прогноз выполняется на срок до 5 суток и обновляется ежедневно. Информация о полях биологических параметров выдается с осреднением за сутки на 12 часов Всемирного координированного времени (*UTC*). При выполнении диагноза и прогноза биологических полей моделью используется диагностическая и прогностическая информация о физических параметрах морской среды, поступающая с выхода физической модели и спутниковая информация о концентрации хлорофилла на морской поверхности, поступающая из *OC TAC*.

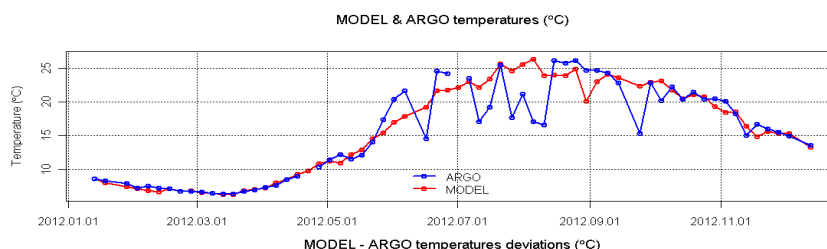
Третий продукт содержит результаты диагноза коэффициента поглощения электромагнитного излучения в оптическом диапазоне спектра, получаемые с помощью оптической модели версии 2,0 разработанной в МГИ [4], с усвоением данных спутниковых дистанционных измерений, поступающих

из *ОС ТАС*. Информация о коэффициенте поглощения выдается на пространственной сетке с горизонтальным разрешением и числом узлов, таким же, как в физической модели, на 6 горизонтах по глубине от 2,5 до 75 м, совпадающих с соответствующими горизонтами на которых выдаются результаты диагноза и прогноза физической модели. С учетом физических особенностей изменчивости коэффициентов ослабления, информация выдается один раз в неделю с осреднением результатов расчетов за неделю.

Результаты реанализа физических полей Черного моря – температуры и солёности морской воды, скоростей течений и динамического уровня Черного моря за период с 1971 по 2001 гг. представлены в 4 продукте *BS MFC*. Эта информация выдается с периодичностью 1 раз в день на пространственной сетке узлов с горизонтальным разрешением 7 км (141 узел по долготе, 88 – по широте) и 35 неравномерно распределенным узлам по глубине от 2,5 до 2100 м. Реанализ физических параметров выполнен на основе использования гидродинамической модели *РММ* с ассимиляцией контактных судовых измерений и спутниковых данных температуры морской поверхности и аномалий уровня, с усреднением результатов расчетов за одни сутки. Периодичность выдачи данных – 1 раз в сутки на 12 часов *UTC*.

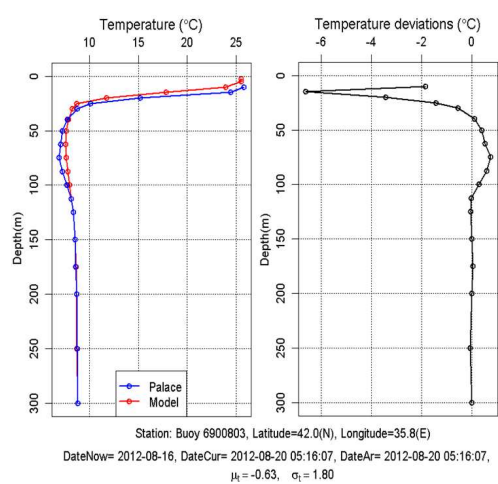
Модуль распространения и отображения продуктов *BS MFC* обеспечивает доступ пользователей к продуктам Черноморского центра. В его состав входят *OPENDAP*, *SUBSETTER*, *DGF* и *MFTP*-интерфейсы, предназначенные для передачи данных потребителям в виде цифровых файлов, записанных в *netCDF* формате. Достоинством первого интерфейса является возможность выбора данных для произвольной параллелепипедоидальной области, включающей требуемую акваторию, за любой требуемый промежуток времени, его недостаток – сложность подготовки запроса данных. Вторым интерфейсом существенно облегчает подготовку запроса и загрузку данных, но ограничивает объем запрашиваемых данных до 1 Гб и имеет самую низкую скорость загрузки данных. Третий интерфейс имеет преимущества в ситуациях, когда требуется получить данные с общим объемом, не превышающим 1 Гб по всей акватории Черного моря, за произвольный промежуток времени. Четвертый интерфейс обеспечивает привычный для многих пользователей *FTP*-доступ к данным.

Для визуализации продуктов в каждом центре диагноза и прогноза, входящем в систему, созданную консорциумом *MyOcean*, предусмотрено два интерфейса – *VI\_STATIC\_IMAGE* и *VI\_MAP\_GRIDDED*. Первый из них обеспечивает простейший вариант визуализации горизонтальных сечений полей параметров состояния морской среды. Вторым интерфейсом обладает набором дополнительных сервисов (мультипликация, отображение информации о параметре в любом узле сетки, построение временных рядов и пространственных разрезов и т.д.). Кроме этих основных интерфейсов на рис.1 показан ряд дополнительных, основной задачей которых является поддержание целостного функционирования Международной системы центров морских прогнозов, обеспечение реакции на запросы пользователей и их регистрации. Доступ к продуктам осуществляется через центральный *WEB*-портал *MyOcean* ([www.myocean.eu](http://www.myocean.eu)) на бесплатной основе в нескольких основных режимах. В режиме доступа «*guest*», не требующем предваритель-



Р и с . 2 . Пример сопоставления временных рядов температуры морской воды по результатам прогноза и измерениям *in situ*.

ной регистрации, пользователь имеет доступ только к визуализационным интерфейсам *VI\_STATIC\_IMAGE* и *VI\_MAP\_GRIDDED*. В режиме «*standard user*», требуется предварительная регистрация пользователя на центральном *WEB*-портале. В этом случае пользователь получает доступ ко всем интерфейсам отображения и распространения продуктов. Кроме этих двух режимов есть еще два дополнительных, которые здесь рассматриваться не будут.



Р и с . 3 . Пример сопоставления профилей температуры морской воды.

**Результаты валидации морских прогнозов.** Приведем два примера сопоставления результатов прогноза температуры морской воды с данными буев *ARGO* (*Palace profile*), поступающими из *INSITU TAC*. Полное изложение результатов валидации для каждого продукта зарегистрированный пользователь может найти на центральном *WEB*-портале <http://www.myocean.eu/> На рис.2 показаны временные ряды средних величин температур по данным прогноза *BS MFC* на 96 – 120 часов и по данным *INSITU TAC* на глубине 10 м.

На рис. 3 показан пример сопоставления профилей температуры воды для прогноза на 112 часов с данными одного из буев *ARGO*.

**Выводы.** Согласно оценке Совещания консорциума *MyOcean* по качеству продуктов, все продукты Черноморского центра допущены к распространению среди пользователей. В настоящее время, как и во всех центрах, в *BS MFC* основная работа сосредоточена в направлении дальнейшего улучшения качества предоставляемых продуктов, что является одной из основных задач проекта *MyOcean-2*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Иванчик А.М., Иванчик М.В.* Комп'ютерна программа “CalcMan – комплекс програм для управління процесом обчислень” // Свидетельство № 46521 о регистрации авторского права МГИ НАН Украины на компьютерную программу. – 2012.– 1 с.
2. *Демьшиев С.Г., Кортаев Г.К.* Численная энергосбалансированная модель ба-

роклинных течений океана с неровным дном на сетке С // Численные модели и результаты калибровочных расчетов течений в Атлантическом океане.– М.: ИВМ РАН, 1992.– С.163-231.

3. *Дорофеев В.Л., Коротяев Г.К., Сухих Л.И.* Моделирование эволюции экосистемы Черного моря в течение трёх деkad (1971 – 2001) // Морской гидрофизический журнал.– 2012.– № 3.– С.61-74.
4. *Suslin V., Churilova T., Ivanchik M., Pryahina S., Golovko N. A.* Simple approach for modeling of downwelling irradiance in the Black Sea based on satellite data // Proc. of VI International Conference «Current problems in optics of natural waters» (ONW'2011), St-Petersburg, September 6-9, 2011.– Saint-Petersburg: Publishing house of «Nauka» of RAS, 2011.– P.199-203.

Материал поступил в редакцию 27.08.2013 г.

**АНОТАЦІЯ** Описана архітектура діючої прогностичної системи Міжнародного центру морських прогнозів (BS MFC). Викладаються результати валідації продуктів BS MFC, отриманих за 2012 р.

**ABSTRACT** The architecture of existing forecasting system of the International Centre marine forecast (BS MFC). Presents the results of the validation of products BS MFC, received in 2012.