

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.

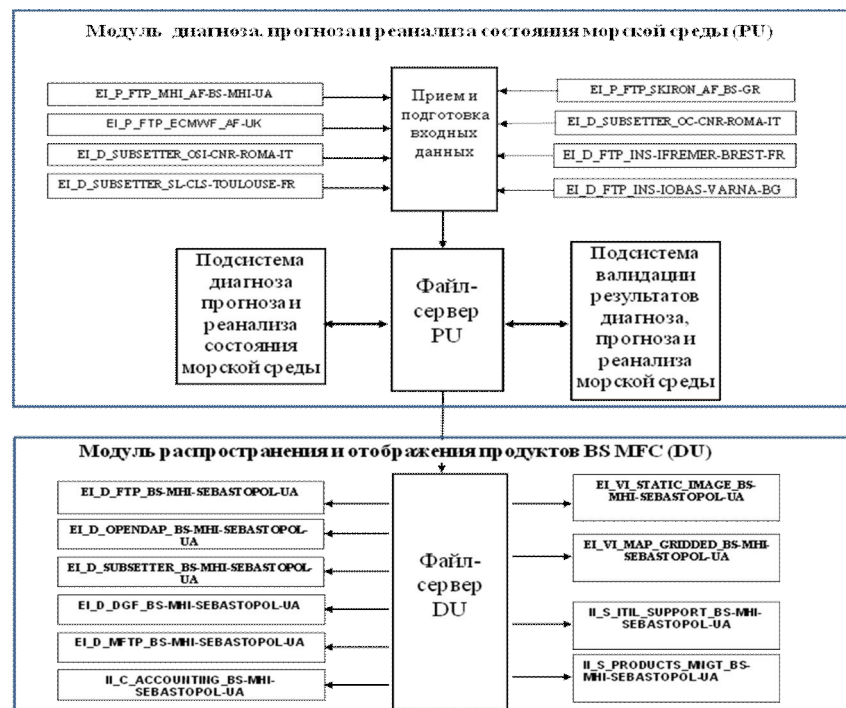
Морской гидрофизический институт НАН Украины принял участие в конкурсе на разработку Черноморского центра морских прогнозов – *BS MFC*, как одного из Европейских центров диагноза и прогноза состояния морей Европы и был включен в список основных исполнителей консорциума *MyOcean* <http://www.myocean.eu/>, 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:



Р и с . 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*.

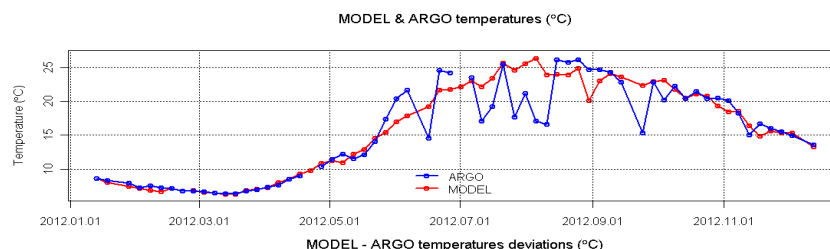
Третий продукт содержит результаты диагноза коэффициента поглощения электромагнитного излучения в оптическом диапазоне спектра, получаемые с помощью оптической модели версии 2,0 разработанной в МГИ [4], с усвоением данных спутниковых дистанционных измерений, поступающих

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 *POM* 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*.

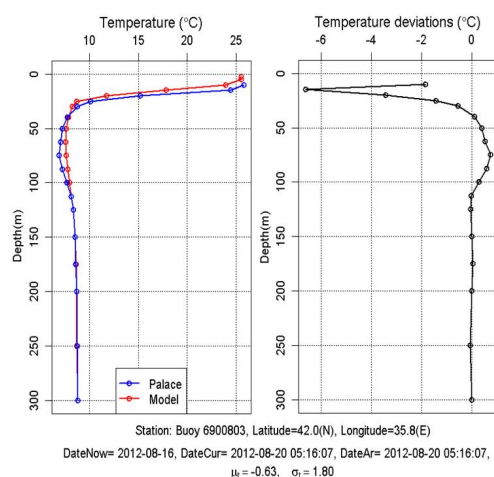
Модуль распространения и отображения продуктов *BS MFC* обеспечивает доступ пользователей к продуктам Черноморского центра. В его состав входят *OPENDAP*, *SUBSETTER*, *DGF* и *MFTP*-интерфейсы, предназначенные для передачи данных потребителям в виде цифровых файлов, записанных в *netCDF* формате. Достоинством первого интерфейса является возможность выбора данных для произвольной параллелепипедаидальной 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. Второй интерфейс 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) 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 програма “CalcMap – комплекс програм для управління процесом обчислень” // Свидетельство № 46521 о регистрации авторского права МГИ НАН Украины на компьютерную программу. – 2012.– 1 с.
2. *Демьяшев С.Г., Кортаев Г.К.* Численная энергосбалансированная модель ба-

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

3. *Дорофеев В.Л., Коротаев 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.