

УДК 551.465

Ю. Б. Ратнер, М. В. Иванчик, Т. М. Баянкина,
Е. В. Плотников, А. Л. Холод

Морской гидрофизический институт Национальной академии наук Украины, Севастополь

Многокомпонентная система диагноза и прогноза динамики Черного моря

Представлено 25.06.07

Представлена разработанная в Морском гидрофизическом институте НАН Украины многокомпонентная наблюдательная система, позволяющая осуществлять непрерывный мониторинг и прогноз гидрофизических полей Черного моря. В результате функционирования системы в квазиоперативном режиме рассчитываются поля температуры, солёности, возвышений уровня морской поверхности, скоростей течений, высоты и направления волн.

ВВЕДЕНИЕ

Для контроля состояния и использования ресурсов Черного моря в Морском гидрофизическом институте (МГИ) НАН Украины разработана и успешно функционирует система диагноза и прогноза полей гидрофизических полей, позволяющая выполнять расчеты в квазиоперативном режиме. На первом этапе работ, с середины 1980-х гг. до 1992 г. С. Г. Демышевым и Г. К. Коротаевым была разработана гидродинамическая модель, положенная в основу бассейновой модели циркуляции Черного моря [1]. На втором этапе, с 1992 по 2003 гг. в работах [2, 3, 7] были разработаны алгоритмы ассимиляции спутниковых альтиметрических измерений и метеорологической информации, существенно повышено пространственное разрешение модели и улучшена воспроизводимость климатических особенностей гидрофизических полей и мезомасштабной изменчивости Черного моря. В 2003—2005 гг., сотрудниками МГИ В. Л. Дорофеевым, Г. К. Коротаевым, А. И. Кубряковым и Ю. Б. Ратнером [6, 8, 9] был создан макет системы диагноза и прогноза гидрофизических полей Черного моря в квазиоперативном режиме, прошедший успешное тестирование в ходе пилотного эксперимента ARENA по международной программе ЕС. Это послужило основой для дальнейшего развития работ по созданию системы диагноза и прогноза гидрофизических полей Черного моря.

ДИАГНОЗ И ПРОГНОЗ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ЧЕРНОГО МОРЯ

Модель циркуляции Черного моря основана на примитивных уравнениях динамики моря [1]. Уравнения модели записаны в декартовой системе координат в форме Громеки — Лемба.

Численная схема модели сохраняет энергию, а в случае баротропных бездивергентных течений — и потенциальную энтрофию. Аккуратная аппроксимация уравнения гидростатики позволяет точно описывать обмен потенциальной и кинетической энергии в пределах каждого бокса с учетом нелинейной зависимости плотности от температуры и солёности. Конечно-разностная аппроксимация уравнений по горизонтали выполнена на сетке с шагом 5 км. По вертикали используются 35 неравномерно расположенных горизонтов. Дискретизация во времени осуществляется методом чекарды с периодическим подключением схемы Мацуно. Благодаря такому выбору пространственно-временной схемы дискретизации модель позволяет воспроизводить синоптическую изменчивость Черного моря.

В настоящее время прогноз выполняется в квазиоперативном режиме на сроки до 2.5 сут с задержкой на 12—24 ч, что определяется в основном сроками прогноза атмосферного воздействия по региональным атмосферным моделям.

Высота волн рассчитывается в рамках модели WAM [10], адаптированной сотрудником МГИ

НАН Украины В. В. Фоминым. В ней используются данные прогнозов скорости ветра, получаемые по региональным атмосферным моделям и данные прогноза скорости морских течений в описанной выше модели циркуляции Черного моря.

В результате прогноза рассчитываются поля возвышения уровня, температуры, солёности, скоростей течений, высот и направлений распространения волн. Они отображаются в виде изображений карт полей (см. сайт <http://dvs.net.ua/mp/>). Примеры карт гидрофизических полей, рассчитанных по модели, показаны на рисунке. Сопоставление результатов расчета с данными контактных измерений дрейфтеров и научно-исследовательских судов, свидетельствует об удовлетворительном воспроизведении моделью динамики Черного моря.

В дальнейшем планируется расширить набор моделей, функционирующих в составе системы, за счет подключения экологической модели, модели переноса седиментов и других, а также моделей, позволяющих выполнять прогноз динамики локальных районов морской акватории, с более высоким пространственным разрешением и детальным описанием особенностей динамических процессов.

СПУТНИКОВЫЕ И ОПОРНЫЕ МЕТЕОДААННЫЕ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЕ ДИАГНОЗА И ПРОГНОЗА ДИНАМИКИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Спутниковые альтиметрические измерения уровня Черного моря. Значения уровня морской поверхности, измеренные спутниками Topex/Poseidon, ERS-2, Jason-1, Envisat и GFO, используются для задания граничных условий и повышения точности расчета физических полей Черного моря. Они поступают из глобального центра обработки альтиметрических измерений — AVISO (Франция) с периодичностью два раза в неделю с задержкой до 3—5 сут. Объемы данных зависят от спутника, с которого они получены, и числа оборотов спутника вокруг Земли, включенных в каждый конкретный файл. После приема данных по сети интернет осуществляется выбор информации по Черному морю, реорганизация формата хранения данных и запись результатов обработки в архив данных альтиметрических измерений уровня Черного моря, являющийся компонентом оперативной базы данных подсистемы диагноза и прогноза.

Опорные метеорологические данные. Метеорологические данные, используемые в моделях, включают: информацию о поле скорости ветра, получаемую по данным реанализа NCEP (США) [5], или по данным диагноза и прогноза на 2.5 сут

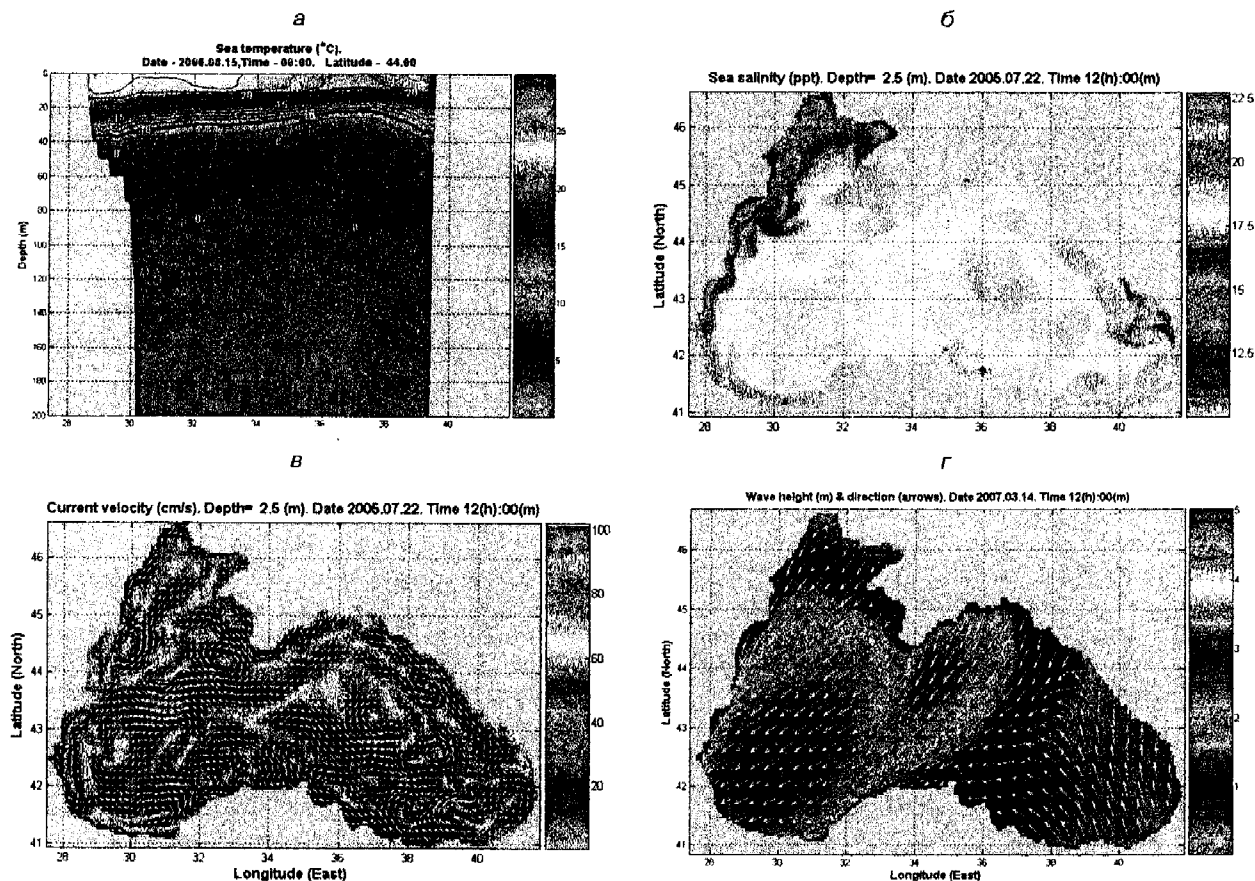
по Европейской атмосферной модели ALADIN (Национальная администрация по атмосфере — NMA, Румыния) [9], или по данным ИСЗ QuikSCAT (США) [4]. Она используется для задания граничных условий на поток импульса из атмосферы в море; информацию о потоках тепла и влаги, получаемую по данным расчетов с использованием атмосферной модели ALADIN из NMA, которая используется для задания граничных значений солёности и температуры на поверхности моря [1].

Данные поступают либо на стандартные сроки метеорологических наблюдений (0, 6, 12 и 18 ч UTC — NCEP, NMA), либо между 1—4 и 13—16 ч UTC (QuikSCAT). Данные NCEP следуют с задержкой 1—4 сут, данные NMA и QuikSCAT — 1 сут, NMA — 12—15 ч. Данные реанализа NCEP заданы на сетке $1 \times 1^\circ$ по широте и долготе, остальные — на сетке $0.25 \times 0.25^\circ$. Сетка, на которой заданы данные QuikSCAT, смещена относительно сетки NMA на $+0.125^\circ$ по широте и долготе. Каждый четвертый узел сетки NMA совпадает с узлом сетки NCEP.

Спутниковые данные о поле температуры поверхности Черного моря. Спутниковые снимки ИК-радиометра AVHRR ИСЗ NOAA принимаются и обрабатываются в приемном центре МГИ НАН Украины для восстановления поля температуры поверхности Черного моря. Эти данные поступают ежедневно с задержкой 3—15 ч. После оперативной обработки принятой информации восстановленные величины температуры поверхности Черного моря записываются в архив в виде электронных карт с пространственным разрешением 1.1 км. Затем поля температуры усредняются по пространственным ячейкам, соответствующим модельной сетке, и за сутки по времени. Эта процедура способствует снижению уровня флуктуационных ошибок спутниковых значений температур и площади морской поверхности, закрытой облачностью. Далее усредненные величины температур вводятся в подсистему диагноза и прогноза физических полей Черного моря, где они используются в соответствии с процедурой ассимиляции [2].

УПРАВЛЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ ДИАГНОЗА И ПРОГНОЗА ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Структура системы и процедуры обработки информации в ней достаточно сложны. Это требует разработки специальных средств, управляющих выполнением и согласованием различных этапов вычислительного процесса. С этой целью нами были созданы редактор заданий, интерпретатор заданий и утилиты, значительно расширяющие возможности средств разработки и выполнения заданий ОС WINDOWS и LINUX. Они обеспечивают:



Примеры гидрофизических полей, рассчитанных с помощью многокомпонентной системы диагноза и прогноза динамики Черного моря: *а* — разрез поля ТПМ по 44° с.ш.; *б* — поле солёности на горизонте 2.5 м; *в* — поле скорости течений на горизонте 2.5 м.; *г* — поле высот и направлений волн

- полнофункциональную разработку заданий с их структурированием по назначению;
- более удобное отображение и подробное комментирование текста разрабатываемых заданий;
- отладку заданий;
- возможность выполнения заданий при любом требуемом сочетании автоматического, циклического и интерактивного режимов работы.

Разработанные задания, выполняемые с помощью созданного интерпретатора, представляют собой управляющий комплекс многокомпонентной системы диагноза и прогноза динамики Черного моря.

ВЫВОДЫ

Разработанная система обеспечивает диагноз и прогноз гидрофизических полей в квазиоперативном режиме. Результаты работы системы использова-

лись и используются в ходе выполнения исследовательских и научно-прикладных работ по таким международным проектам как ARENA, ASCABOS, ECOOP, при создании и развитии информационных средств портала отображения данных ДЗЗ в Национальном космическом агентстве Украины. Четырехлетний опыт эксплуатации системы показал ее практическую полезность и возможность создания на ее основе наблюдательной системы для контроля состояния Черного моря.

1. Демьшев С. Г., Коротаев Г. К. Численная энергосбалансированная модель бароклинных 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.
2. Дорофеев В. Л., Коротаев Г. К. Ассимиляция спутниковых измерений поверхностной температуры Черного моря в модели циркуляции // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. науч. тр. — Севастополь, 2004.—

- Вып. 11.—С. 24—30.
3. Коротаев Г. К., Саенко О. А., Коблинский С. Н. и др. Точность, методология и некоторые результаты ассимиляции альтиметрических данных спутника TOPEX-POSEIDON в модели циркуляции Черного моря // Исслед. Земли из космоса.—1998.—№ 3.—С. 35—51.
 4. Dunbar R. S., et al. QuikSCAT Science Data Product User's Manual. Version 1.0. — Pasadena, CA: Jet Propulsion Laboratory, 2000.—Document D-18053.
 5. Kalnay E., et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project // Bull. Amer. Meteor. Soc.—1996.—77.—P. 437—471.
 6. Korotaev G., Cordoneanu E., Dorofeev V., et al. Near-operational Black Sea nowcasting/forecasting system // European Operational Oceanography: Present and Future. — European Communities, 2006.—P. 605—610.
 7. Korotaev G. K., Demyshev S. G., Knysh V. V. Three-dimensional climate of the Black Sea. Black Sea Ecosystem Processes and Forecasting Operational Database Management System // Report of the Workshop and Project Evaluation Meeting, Istanbul, 15—18 May 2000.
 8. Korotaev G. K., Dorofeev V. L., Ratner U. B. Near-operational system of Black Sea. European Global Ocean Observing System

// EUR 21697 Proceedings of the Fourth International Conference. 6—9 June 2005, Brest, France. — P. 64—66.

9. Stefanescu S., Cordoneanu E., Kubryakov A. Ocean wave and circulation modeling at NIMH Romania // Rom. J. Meteorology.—2004.—6, N 1-2.—P. 75—88.
10. WAMDIG 1988: The WAM model — A third generation ocean wave prediction model // J. Phys. Oceanography.—18.—P. 1775—1810.

MULTICOMPONENT SYSTEM FOR BLACK SEA DYNAMIC PROCESSES DIAGNOSES AND PREDICTION

Yu. B. Ratner, M. V. Ivanchuk, T. M. Bayankina, E. V. Plotnikov, A. L. Holod

Multicomponent system for Black Sea dynamical processes diagnoses and prognoses, developed in MHI UNAS, is presented. The temperature, salinity, sea level, currents velocities and sea wave's fields can be monitored and predicted by means of this system. The monitoring and prediction results are transmitted via Internet.

УДК 574.472:528.854.4

А. О. Козлова

Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України

До оцінювання та картування видового багатства за багатоспектральними даними дистанційного зондування Землі

Представлено 25.06.07

Запропоновано використання стандартних систем класифікації типів земної поверхні для оцінювання та картування видового багатства за багатоспектральними даними дистанційного зондування Землі та наведено умови залучення таких систем при оцінюванні видового багатства гірських та рівнинних територій. Представлено результати демонстраційного оцінювання видового багатства південно-західної частини Кримського півострову за космічним знімком Landsat/ETM+.

Задачі кількісного оцінювання та картування біологічного різноманіття як інтегрального показника стану надорганізмових систем усе частіше вирішуються із залученням матеріалів та методів дистанційного зондування Землі. При цьому термін «біорізноманіття» розглядається на рівні організмів і відноситься до видів та їхніх певних характеристик, зокрема розподілу та кількості в межах заданої території.

Один з методів оцінювання біорізноманіття за багатоспектральними космічними зображеннями ґрунтується на розпізнаванні типів земної поверхні, інакше кажучи біотопів, які можуть бути асоційовані з певним набором характерних видів. Поєднання інформації про відомі вимоги видів до

середовищ існування із встановленими типами створює основу для належного оцінювання видового багатства та потенційного просторового розподілу видів.

Практична реалізація даного підходу передбачає проведення великого обсягу попередніх робіт з обґрунтування та створення відповідної системи класифікації типів земної поверхні, яка б, окрім іншого, забезпечувала можливість інтегрування та порівняння з подібними системами класифікацій для вирішення суміжних задач. Такі роботи потребують чималих ресурсних затрат і залучення широкого кола спеціалістів, що проблематично в рамках малих проєктів чи самостійних дослідженнях і приводить до значного зменшення території