

Методы и технология решения обратной задачи о восстановлении потоков тепла с поверхности океана

В.И. Агошков *, Е.И. Пармузин **, В.П. Шутяев ***

* ИВМ РАН,
ул. Губкина, 8,
119333 Москва, Россия
E-mail: agoshkov@inm.ras.ru

** ИВМ РАН,
ул. Губкина, 8,
119333 Москва, Россия
E-mail: parm@inm.ras.ru

*** ИВМ РАН,
ул. Губкина, 8,
119333 Москва, Россия
E-mail: shutyaev@inm.ras.ru

Работа авторов была поддержана РФФИ (гранты 06-01-08055-ОФИ, 07-01-00714)

Разработка вычислительных алгоритмов решения многомерных нестационарных задач вариационного усвоения данных наблюдений (спутниковых, измерений с кораблей и др.) и обратных задач в проблемах геофизической гидродинамики является одной из важнейших современных вычислительных и информационных проблем. Исследование и решение подобных проблем затрудняется сложностью математических моделей, границ областей (например, реальной конфигурацией океанов и морей), большим количеством узлов дискретизации и большими объемами информации, необходимой для обеспечения рассматриваемых математических моделей данными. Все указанное требует решения целого комплекса вычислительных и информационных проблем.

В данной работе рассматривается задача вариационной ассимиляции данных о поверхностной температуре океана с целью восстановления потоков тепла с поверхности океана. Если на каждом шаге по времени производные по временной переменной заменить разностными аппроксимациями, то в этом случае получаем последовательность трехмерных задач вариационной ассимиляции, что позволяет существенно сократить объем усваиваемой информации и, следовательно, вычислительные затраты. С другой стороны, несмотря на это упрощение, такая задача усвоения данных о температуре поверхности океана является актуальной.

В качестве области, в которой рассматривается полная система уравнений гидротермодинамики океана и ставится обратная задача о тепловых потоках, в данной работе выбрана акватория Индийского океана. Для численного решения задачи была использована математическая модель циркуляции океана, разработанная в ИВМ РАН [3] – [5], в совокупности со специальной "сопряженной" моделью и алгоритмами решения системы условий оптимальности.

Одной из важных проблем, решенных в работе, является оптимизация скорости сходимости алгоритмов численной реализации процедуры ассимиляции данных о поверхности океана, в силу чего реализация численной математической модели крупномасштабной гидротермодинамики океана с процедурами усвоения становится практически осуществляемой на имеющихся в настоящее время вычислительных комплексах.

Отметим также, что настоящая работа по применяемой методологии исследований базируется на методах и подходах работы [1] и существенно привлекает многие результаты общей теории обратных и некорректных задач [11, 12].

Алгоритмы численного решения задачи, сформулированные в работе, математически обоснованы и в целом базируются на использовании различных модификаций метода расщепления [7, 8]. Вопросы существования решения задачи вариационной ассимиляции данных о поверхностной температуре рассмотрены в работах [9] (для "непрерывной" временной переменной модели) и [2] (для "полудискретных" моделей), которые в определенной степени также могут рассматриваться в качестве теоретической базы проведенных исследований.

В работе приводятся также результаты численного решения рассматриваемой обратной задачи при использовании реальных данных измерений.

Список литературы

- [1] *Агошков В.И.* Методы оптимального управления и сопряженных уравнений в задачах математической физики. – М: ИВМ РАН, 2003.
- [2] *Агошков В.И.* Методы решения обратных задач вариационной ассимиляции данных наблюдений в проблемах крупномасштабной динамики океана. – Часть I. Постановка обратных задач и задач вариационной ассимиляции данных. – Отчет ИВМ РАН, Москва, 2006, 34с. – Часть II. Исследование и методы решения обратных задач и задач вариационной ассимиляции данных. – Отчет ИВМ РАН, Москва, 2006, 61с.
- [3] *Агошков В.И., Дианский Н.А., Гусев А.В., Олейников Р.В.* Решение задачи гидротермодинамики Индийского океана с использованием вариационной ассимиляции функции уровня. – Отчет ИВМ РАН, 2006.
- [4] *Алексеев В.В., Залесный В.Б.* Численная модель крупномасштабной динамики океана. Вычислительные процессы и системы. //М.: Наука 1993, С. 232-253.
- [5] *Дианский Н.А., Багно А.В., Залесный В.Б.* Сигма-модель глобальной циркуляции океана и ее чувствительность к вариациям напряжения трения ветра. Изв. АН. Физика атмосферы и океана, 2002, Т. 38, N 4, С. 537-556.
- [6] *Марчук Г.И., Дымников В.П., Залесный В.Б.* Математические модели в геофизической гидродинамике и численные методы их реализации. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.
- [7] *Марчук Г.И.* Методы вычислительной математики.– М.: Наука,1989.
- [8] *Самарский А.А.* Теория разностных схем.– М.: Наука,1977.
- [9] *Агошков В.И., Инатова В.М.* Existence theorem for a three-dimensional ocean dynamics model and a data assimilation problem, Dokl. Academ. Nauk, 2007, Vol. 75, No. 1, pp. 28-30.
- [10] *Parmuzin E.I. Shutyaev, V.P.,* Variational data assimilation problem for a nonstationary heat conduction equation with nonlinear diffusion. – Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling, 2005, v. 20, No. 1, pp. 81-96.
- [11] *Лаврентьев М.М.* О некоторых некорректных задачах математической физики.– Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1962.
- [12] *Тихонов А.Н., Арсенин В.Я.* Методы решения некорректных задач.– М.: Наука, 1986.