

# Вариационная организация технологии математического моделирования для решения природоохранных задач\*

В.В. Пененко, Е.А. Цветова

Институт вычислительной математики математической геофизики СО РАН

Вариационный подход, зарекомендовавший себя как высокоэффективный инструмент построения численных моделей математической физики и алгоритмов для их реализации, предлагается использовать также для структурирования программного комплекса в целом, организации вычислительной технологии, включая разработку параллельных программ. Объектами применения вариационной технологии в настоящем докладе являются задачи природоохранного направления, имеющие междисциплинарный характер [1]. Они описываются сложными моделями, в которых участвуют большие массивы многомерных полей функций состояния и данных наблюдений различной природы. Поэтому создание экономичной технологии моделирования и системы обработки информации на каждом этапе вычислений представляет нетривиальную задачу.

Вариационный подход, предлагаемый авторами, как раз и предназначен для создания нового способа организации вычислений. Его преимущества обусловлены целостностью методики, позволяющей провести весь процесс математического моделирования от формулировки задачи до обработки результатов численных экспериментов с единых позиций. Инструментом, на основе которого производятся все построения, являются вариационные принципы. Они не только объединяют модели, различные по физическому содержанию и целевому назначению, но и обеспечивают согласованность всех этапов технологии математического моделирования и способов их практической реализации.

Для этих целей сформулирован вариационный принцип для оценки совокупности целевых функционалов прогнозирования, являющийся основой для построения универсальной технологии математического моделирования. С помощью вариационного принципа строятся численные схемы и алгоритмы для решения прямых и обратных задач по изучению изменений качества атмосферы и организации природоохранной деятельности в условиях изменяющегося климата. При этом модели и алгоритмы организуются «сверху вниз», от более высоких системных уровней описания задач до более низких, и от общей структуры конкретных моделей до базовых элементарных алгоритмов их реализации.

Анализ проблемы в целом показывает, что можно организовать распараллеливание вычислений по нескольким системным уровням процесса моделирования. В рассматриваемом классе задач выделяются четыре основных системных уровня. Самый верхний из них организует набор сценариев, полностью повторяющих цикл вычислений прямых и обратных задач, но с разными параметрами и целевыми функционалами. Объединение здесь происходит лишь на этапе обработки конечных результатов. Самый нижний системный уровень реализует отдельные элементарные базовые схемы в рамках методов расщепления и декомпозиции. В рамках вариационного подхода выявляется множество различных вариантов сочетаний алгоритмов последовательного и параллельного действия, а также способов их оптимизации.

Таким образом, вариационный подход, используемый авторами, делает прозрачной всю систему взаимосвязей в технологии моделирования, что позволяет структурировать систему и унифицировать отдельные элементы, тем самым рационально организовать вычисления и информационные потоки.

## Литература

1. V. Penenko, A. Baklanov, E. Tsvetova and A. Mahura. Direct and Inverse Problems in a Variational Concept of Environmental Modeling // Pure and Applied Geophysics. 2011 DOI: 10.1007/s00024-011-0380-5, pp. 1-19.

---

\* Работа поддержана проектом РФФИ 11-01-00187-а, а также Программами фундаментальных исследований ОМН РАН №3 и Президиума РАН №4.