

## **ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ I.4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ**

### **Программа I.4.1. Математическое моделирование в задачах геофизики, физики океана и атмосферы и охраны окружающей среды (координатор акад. Б. Г. Михайленко)**

В Институте вычислительной математики и математической геофизики создана технология высокочувствительного активного вибросейсмического мониторинга геодинамических процессов в зонах назревания природных катастроф, позволяющая выделять и измерять вибросейсмические колебания нанометрового уровня на фоне многократно превосходящих шумов. Показано, что по своему энергетическому эквиваленту параметры вибросейсмического волнового поля, порождаемого мощными вибраторами ЦВ-100, ЦВ-40, сопоставимы с взрывом с тротильным эквивалентом в 1 т. Это определяет экологическую чистоту вибраторов как альтернативных источников по отношению к взрывам.

В том же Институте на основе решений полуэмпирического уравнения переноса и диффузии разнородной аэрозольной примеси в атмосфере от высотного источника разработана модель реконструкции толщины слоев выпадений частиц. Распределение по скоростям оседания примеси в источнике описывается с помощью двойного гамма-распределения. Для случая грубодисперсной примеси построена модель оценивания по данным наблюдений характерных размеров частиц пепла на различных удалениях от источника вулканического извержения. Предложенные модели апробированы на данных натурных исследований выпадения тефры от плинианских извержений влк. Чикурачки 1853 и 1986 гг. (о. Парамушир, Курильские острова). Показано, что для реконструкции полей выпадения пепла может быть использовано весьма ограниченное число точек измерений.

Разработан новый метод построения дискретно-аналитических аппроксимаций для многомасштабных задач конвекции—диффузии—реакции с помощью вариационных принципов. При этом используются свойства монотонности дифференциальных операторов конвекции—диффузии и свойства разложимости операторов реакции на знакопостоянные части

(продукции и деструкции). Показано, что применение аппарата локальных сопряженных задач в рамках вариационного подхода обеспечивает построение дискретно-аналитических численных схем, обладающих свойствами аппроксимации, монотонности, устойчивости и транспортности. Это позволяет моделировать разномасштабные по пространству и времени процессы без использования многосеточных агрегатов. Алгоритмы для реализации схем этого класса имеют параллельную организацию и могут быть применены для решения прямых и обратных задач математической физики, включая задачи динамики атмосферы и охраны окружающей среды.

Разработаны математические модели потоков в системах сетевой структуры, основанные на применении теории нестационарных S-гиперсетей, позволяющие вычислять потоки различной природы (непрерывные и дискретные) в иерархических многоуровневых сетях аналитическими методами. Задачи анализа потоков в своей постановке адекватны реальным задачам, поэтому их решение позволяет получать точные и оптимальные решения реальных задач. Наиболее эффективные решения получаются для транспортных сетей, коммуникационных сетей и других инженерных сетей. Аналогов таких моделей в мире нет.

При рассмотрении  $n$ -значных серийных последовательностей (СП) впервые вводится дополнительная характеристика — высота серии. Задание ограничений на высоту серии позволяет выделять различные классы СП (возрастающие, убывающие и т. д.), названные ориентированными СП. Серийные последовательности находят широкое применение в теории информации при разработке эффективных методов кодирования данных для хранения и передачи по каналам связи.

Разработана технология параллельных вычислений для численного моделирования сейсмических волновых полей в трехмерно-неоднородных разномасштабных средах. Расчет

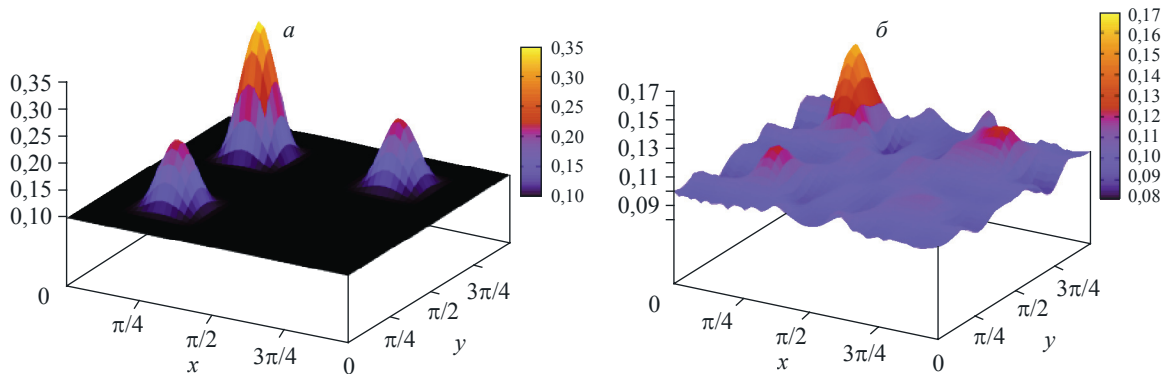


Рис. 3. Точное распределение коэффициента поглощения (а) и восстановленное решение (б).

волновых полей для реалистичных моделей геологических сред большой размерности требует специальной организации параллельного ввода/вывода данных с помощью специализированных библиотек MPI-2 I/O, с учетом спецификации целых с адресным диапазоном  $>2^{32}$  (проблема ILP 64). Для увеличения скорости работы параллельных программ применяется метод трехмерной декомпозиции области с использованием неблокирующих коммуникационных обменов для совмещения выполнения вычислительных и коммуникационных операций.

Доказана теорема о восстановлении полоидального и тороидального соленидальных векторных полей в шаре с помощью одной скалярной функции. Доказана теорема о разделении на модификации и на поля от внешних и внутренних источников наблюдаемых Мировой сетью станций электромагнитных полей Земли. Обоснованы более общие электродинамические уравнения, описывающие наблюдаемые Мировой сетью станций электромагнитные поля, и на этой основе разработаны новые алгоритмы их интерполяции. На основе разра-

ботанной теории произведен численный анализ данных Международного геофизического года (МГГ) — 1933 г., МГГ-1957 и Мировой магнитной съемки 1964 г., который выявил существование тороидального магнитного поля в атмосфере, а также двумодального переменного электромагнитного поля вариаций в атмосфере.

Решена обратная задача об определении коэффициента поглощения электромагнитного излучения в мягких тканях человека по измерениям акустического давления на части границы при облучении исследуемой области источником с рабочей частотой 434 МГц (рис. 3). Поглощенная энергия переходит в тепло, что приводит к увеличению температуры среды, к ее расширению и, в итоге, к появлению волн акустического давления. Волны акустического давления фиксируются пьезодатчиками, размещенными на поверхности исследуемой области, имеющей форму полусферы радиуса 15 см. Данный метод перспективен для обнаружения местоположения и размеров опухоли в медицинской диагностике.