

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С ЧАСТИ ГРАНИЦЫ В СТОРОНУ ЗАЛЕГАНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ

<sup>1,2,3</sup>Кабанихин С.И., <sup>4</sup>Бектемесов, <sup>1,2,3</sup>Шишленин М.А., <sup>5</sup>Шолпанбаев Б.Б.

<sup>1</sup>*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
Новосибирск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия*

<sup>3</sup>*Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия*

<sup>4</sup>*Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

<sup>5</sup>*Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы,  
Казахстан*

Рассмотрены задачи продолжения физических полей с части границы [1 - 3], которые возникают в геофизике, томографии, при защите ядерных реакторов и др.

Задачи продолжения являются некорректными и формулируются в виде операторного уравнения  $Aq=f$ , для решения которого применяется метод минимизации целевого функционала и метод сингулярного разложения [2, 3]. Исследуются свойства оператора  $A$  и приводится алгоритм минимизации функционала  $J(q) = \|Aq - f\|^2$  методом сопряженных градиентов. На серии численных экспериментов показано, что это позволяет восстановить граничные условия на недоступной части границы, а также получить информацию о неоднородностях (количестве, местонахождении, примерных объемах), расположенных в области недоступности. Показано, что продолжение решения с доступной для измерений части границы в область недоступную, позволяет идентифицировать и локализовать неоднородности.

В качестве примеров рассмотрены задачи продолжения теплового поля в недоступную для наблюдений зону, продолжения решения кинетического уравнения переноса нейтронов, а также подповерхностного продолжения электромагнитного поля (для георадара). Разработаны численные методы решения. Получены результаты численных расчетов, а также результаты натурных исследований, в частности, с георадаром. Георадар «Лоза» использован при проведении исследований в ущелье Медео, древних захоронений на юго-западе Казахстана, аэродромов и дорог в Алматинской области (рисунок 1).



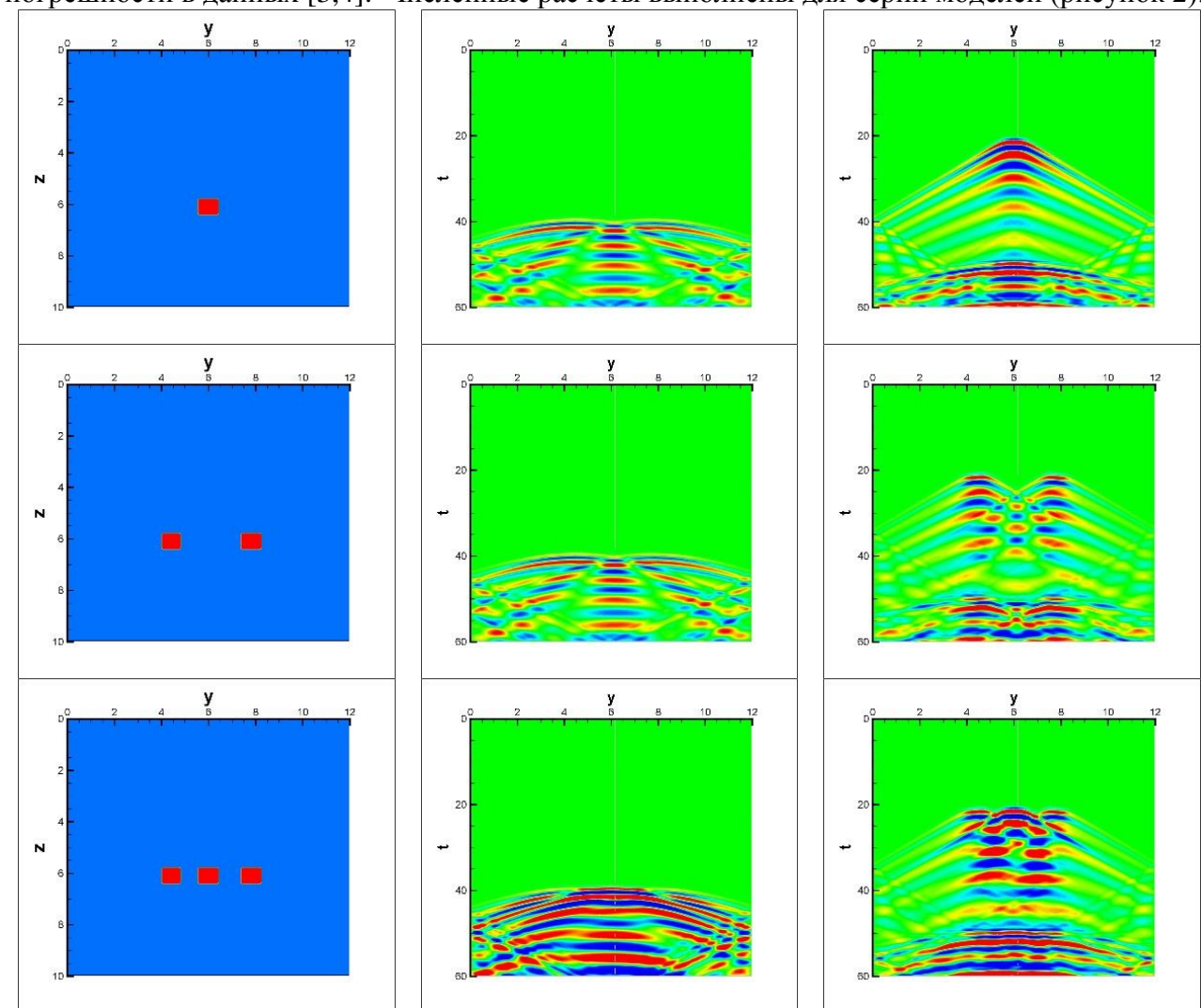
а – исследование взлетно-посадочной полосы



б – исследование кургана

Рисунок 1. К проведению натурных исследований для задачи продолжения физических полей с части границы

Изучены свойства сингулярных чисел оператора продолжения, что позволило регуляризовать задачу продолжения методом сингулярного разложения с учетом погрешности в данных [3,4]. Численные расчеты выполнены для серии моделей (рисунок 2).



а – модель среды

б - аномальное поле, измеренное на поверхности

в - решение задачи продолжения до глубины 5 м

Рисунок 2. К результатам численного моделирования

*Работа поддержана РФФИ (проекты 14-01-00208, 16-01-00755), Министерством образования и науки Российской Федерации и Министерством образования и науки Республики Казахстан (проект 1760/ГФ4).*

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Kabanikhin, S.I. Inverse and Ill-Posed Problems. Theory and Applications / S.I. Kabanikhin. - De Gruyter, Germany, 2011.
2. Kabanikhin, S.I. Inverse Problems for the Ground Penetrating Radar / S.I. Kabanikhin, D. Nurseitov, M.A. Shishlenin, B.B. Sholpanbaev // Journal of Inverse and Ill-Posed Problems, 2013. - Vol. 21. No. 6. - P. 885 - 892.
3. Kabanikhin, S. I. Regularization of the continuation problem for elliptic equations / S. I. Kabanikhin, Y. S. Gasimov, D. B. Nurseitov, M. A. Shishlenin, B. B. Sholpanbaev and S. Kasenov // Journal of Inverse and Ill-Posed Problems, 2013. - Vol. 21. No. 6. - P. 871 - 884.
4. Kabanikhin, S.I. Comparative analysis of methods for regularizing an initial boundary value problem for the Helmholtz equation / S.I. Kabanikhin, M.A. Shishlenin, D.B. Nurseitov, A.T. Nursetova, S.E.Kasenov // Journal of Applied Mathematics. - Vol. 2014 (2014). - Article ID 786326. - 7 p. (<http://dx.doi.org/10.1155/2014/786326>).