

ПРЕДИСЛОВИЕ

Представляемый читателям специализированный выпуск журнала посвящен юбилею академика Сергея Васильевича Гольдина выдающегося ученого-геофизика. Сергей Васильевич принадлежит к числу всемирно известных исследователей проблем теоретической сейсмологии, сейсморазведки и цифровой обработки сигналов. Его научная продукция — это более двухсот публикаций, в том числе восемь монографий. Следует отметить и разносторонность научных интересов С.В. Гольдина — от контактной геометрии и лучевой томографии до геомеханики и математической геологии.

Составители спецвыпуска стремились подобрать статьи, чтобы его содержание в значительной мере отражало научные интересы Сергея Васильевича в последние три десятилетия. Основное место занимают работы в области математической сейсмологии, в которой ученый работает на протяжении всей своей научной деятельности. Прямые задачи сейсмологии и связанное с ними изучение сейсмических волновых полей представлены во вступительных статьях. В первой (А.М. Айзенберг и др.) приведены результаты численного моделирования сейсмических волновых полей, возникающих при отражении–преломлении волны с произвольной геометрией фронта на криволинейной границе раздела упругих волн. Изучение этой задачи имеет длительную историю, но впервые авторам удалось получить точные формулы для коэффициентов отражения–преломления с учетом всех влияющих факторов. В частности, показано существование головных волн, образующихся на криволинейной границе. Следующая статья (Б.Г. Михайленко и Г.В. Решетовой) посвящена решению задачи распространения волн в контактирующих твердых, жидких и газообразных средах. Она представляет чрезвычайный интерес и в связи с общим вниманием к взаимодействию различных оболочек Земли, а также применительно к проблеме поиска и физического обоснования предвестников землетрясения, проявляющихся в атмосфере Земли. Статья известных физиков В. Червени и И. Пшенчика посвящена сейсмической анизотропии — бурно развивающейся области геофизики. В ней изучается кинематика движения точек среды при наличии одновременно анизотропии и вязкости. На первый взгляд кажется, что статья Л.А. Табаровского и М.И. Эпова несколько выпадает из круга интересов С.В. Гольдина, тем более, что она относится к проблемам геоэлектрики. Однако это не совсем так. Еще в 1960-е годы юбиляр использовал методы математической статистики для анализа свойств оценок параметров геофизической среды в достаточно общих постановках. Именно к этому направлению и относится упомянутая статья. Три последующие статьи связаны с математическими методами, используемыми при интерпретации сейсмограмм. В двух последних из них рассматривается задача изучения скоростной модели среды по отраженным волнам при сложном изменении скорости в пластах. В свое время начало этой проблематики было заложено именно в работах С.В. Гольдина.

Следующий раздел выпуска — сейсмология — отражает интерес юбиляра и к этой области. Не случайно первая работа этого раздела носит экспериментальный характер. Начав заниматься сейсмологией 7-8 лет назад, С.В. Гольдин возглавил экспериментальную лабораторию, полагая, что только правильно поставленные полевые и лабораторные исследования дают возможность развивать физическую сейсмологию, переводя ее из области догадок в область экспериментально обоснованных положений. Проблема влияния флюидов на сейсмический процесс — одна из ключевых в современной сейсмологии. Ее основным аспектам и посвящена статья известного российского сейсмолога Г.А. Соболева и его соавторов. Две другие статьи ведущих российских специалистов в области сейсмологии и ГСЗ посвящены изучению верхней мантии в Сибири и Центральной Азии.

Последний раздел выпуска отражает интерес к широкому спектру проблем, связанных с геофизическими процессами в гетерогенных природных средах, который С.В. Гольдин сейчас проявляет и в связи с сейсмологией, и в связи с задачами, возникающими в нефтяной геофизике. Под геомеханикой здесь понимается научная область, которая равным образом относится и к геофизике, и к механике. Значение, которое С.В. Гольдин придает развитию этого направления, следует из названия традиционного летнего семинара “Геомеханика и геофизика”, проводимого уже пять лет. Почти все авторы статей этого раздела — участники этих встреч. Как и на семинаре, спектр явлений, рассматриваемых в этом разделе, очень велик: от распространения волн в нелинейных гетерогенных средах (статья В.Ю. Зайцева и Л.А. Матвеева) до явлений неустойчивости, пластичности и разрушения (статьи И.А. Гарагаша, Б.П. Сибирякова и М. Ю. Подбережного). Указанные статьи носят теоретический характер. Интересные экспериментальные данные о возможности неустойчивого поведения в межблочных контактах приведены в статье Г.Г. Коча-

ряна с соавторами. Принципиальное значение имеет статья известного механика В.Н. Николаевского, который на основе анализа многих экспериментов предложил свою концепцию структуры земной коры, отражающую ее прочностные свойства, трещиноватость и процессы разломообразования.

К сожалению присланные работы, относящиеся к геомеханике и сейсмологии, не все вошли в настоящий выпуск из-за недостатка места и будут опубликованы в следующих выпусках журнала. Редколлегия надеется, что, во-первых, работы в достаточной мере отражают интересы юбиляра, а во-вторых, существенно обогащают наши знания как о методах изучения земных недр, так и о самих недрах Земли.

**ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ОПЕРАТОРЫ ОТРАЖЕНИЯ–ПРЕЛОМЛЕНИЯ ВМЕСТО
КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТРАЖЕНИЯ–ПРЕЛОМЛЕНИЯ — ВОЗМОЖНАЯ ПЕРСПЕКТИВА
ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ**

А.М. Айзенберг, К.Д. Клем-Мусатов, М.А. Айзенберг*, Х.Б. Хелле, Я. Пейчел****

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Конюга, 3, Россия

** Norwegian University of Science and Technology, Department of Petroleum Engineering
and Applied Geophysics, S.P. Andersensvei 15A, NO-7491 Trondheim, Norway*

*** Norsk Hydro, O&E Research Centre, N-5020, Bergen Norway*

Одно из следствий теории рассеяния волн криволинейными границами в многослойных неоднородных средах, полученных нами в предыдущих работах, заключается в способе учета граничных условий с помощью интегральных операторов отражения и преломления. В связи с этим практический интерес представляет исследование перспектив использования таких операторов вместо коэффициентов отражения и преломления плоских волн для описания высокочастотных волновых полей поверхностными сингулярными интегралами типа Кирхгофа, которые широко используются в прямых и обратных задачах сейсмологии. Приводятся результаты численных экспериментов по сравнению двух способов учета граничных условий (интегральный оператор отражения и коэффициент отражения) для случая однократного рассеяния сферической волны криволинейной границей. Показано, что использование интегрального оператора отражения позволяет устранять помехи, возникающие при учете граничных условий с помощью коэффициента отражения, и воспроизводить головные волны.

Метод наложения концевых волн, интегральный оператор отражения, коэффициент отражения, головные волны.

**INTEGRAL REFLECTION-TRANSMISSION OPERATORS INSTEAD OF REFLECTION-TRANSMISSION
COEFFICIENT: A POSSIBILITY TO IMPROVE THE RESOLUTION OF SEISMIC EXPLORATION**

A.M. Aizenberg, K.D. Klem-Musatov, M.A. Aizenberg, H.B. Helle, and J. Pajchel

The use of integral reflection and transmission operators to account for boundary conditions follows from the theory of wave scattering at curved interfaces in layered inhomogeneous media obtained in our previous studies. In this respect it appears practical to investigate the possibility of applying these operators instead of plane-wave reflection and transmission coefficients to describe high-frequency wavefields by Kirchhoff-type surface singular integrals common in forward and inverse seismic problems. We compare the integral reflection operator and reflection coefficient approaches in numerical experiments for single scattering of a spherical wave at a curved interface. We show that the use of the integral reflection operator allow eliminating artefacts associated with the use of the reflection coefficient and including head waves.

Tip wave superposition method, integral reflection operator, reflection coefficient, head waves

Одно из направлений развития методов решения прямых и обратных задач сейсмологии, основанных на использовании поверхностных сингулярных интегралов типа Кирхгофа, связано со способом учета граничных условий на контакте соприкасающихся сред. Библиографию по этой проблеме можно найти в работах [1—11]. Формирование этого направления сопряжено с преодолением определенных трудностей, обусловленных недостаточным развитием теории волн в сложнопостроенных средах. Так, в современных алгоритмах автоматической интерпретации сейсмических данных условия на границах раздела сред, фактически, учитываются коэффициентами отражения и преломления плоских волн, что не имеет достаточного теоретического обоснования. Как это было замечено еще в работах [4, 5], такой способ учета граничных условий порождает помехи в форме кажущихся дифрагированных волн, излучаемых точками отражения критических лучей. Для двумерной многослойной среды с криволинейными границами и постоянными скоростями распространения волн в слоях в работах [6, 11] был предложен эвристический прием подавления таких помех путем замены коэффициентов отражения или преломления оператором, содержащим указанные коэффициенты под знаком интеграла Фурье по пространственным частотам. Однако оставалось неясным, можно ли обобщить подобный прием на случай трехмерных неоднородных сред.