

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРОДОЛЖЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ, КАК ОТРАЖЕНИЕ ГЛУБИННОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Ермохин К.М.¹, Жданова Л.А.²

¹ ЗАО «ТЕЛЛУР СПб», г. Санкт-Петербург, k_m_e@list.ru

² ЗАО НПП ВИРГ – Рудгеофизика, г. Санкт-Петербург, zhdanova@virg-npp.ru

Методам аналитического продолжения геофизических полей с профилей измерений в нижнее полупространство посвящено много работ ведущих геофизиков: И.Г. Клушина, В.Н. Страхова, М.С. Жданова. Однако, в процессе многочисленных исследований, было выявлено явление распада поля в окрестности особых точек [4], свидетельствующее о катастрофической неустойчивости применяемых подходов, явившееся препятствием для практического применения метода. Причина этого состоит в несоответствии описания изучаемых полей линейными математическими моделями: представление полей в виде рядов или интегралов типа Коши порождает существенную некорректность, которая объясняется тем, что поле, имеющее особенности в нижнем полупространстве, принципиально не может адекватно описываться линейной конструкцией. Единственной относительно удачной попыткой обойти сложности является метод полного градиента В.М. Березкина [2].

Описанием поля, наиболее близким к реальному, является конструкция типа дробно-рациональной, поскольку существование особенностей изучаемых функций в нижнем полупространстве имеет адекватное соответствие нулям знаменателя. Предлагаемый метод основан на аппроксимации исследуемых функций цепными дробями. Мы назвали его – CFCM (Continued Fraction Continuation Method или продолжение поля цепной дробью). Явление распада поля в окрестности особых точек наблюдавшееся при применении линейных методов аналитического продолжения [1] в методе CFC отсутствует. Причина этого состоит в адекватности математического описания геофизических полей нелинейной моделью, лучше соответствующей их природе.

Программа оперирует как с отдельными профилями, так и с площадными данными. Математическим основанием для применения аналитического продолжения ко всем без исключения полям, применяемым в геофизике, является теорема Ковалевской, утверждающая их аналитическую природу. Детально метод описан в ранее опубликованных работах [6,7].

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Рассмотрим измеренную по профилю функцию $f(x)$, $a \leq x \leq b$, и представим ее рядом Фурье по многочленам Чебышева первого рода (приведя аргумент к отрезку $[-1,1]$): $f(x) \approx \sum_{k=0}^{\infty} c_k T_k(x)$

Далее перепишем ряд функции $F(\theta)$ в комплексной форме уже в виде ряда Фурье: $F(\theta) \approx a_0 + \operatorname{Re} \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k \exp(-ik\theta)$ (где α_k -коэффициенты косинус – ряда Фурье) с заменой вещественной переменной x на комплексную $z = x + iy$ (где y означает глубину) и подстановкой $\theta = \arccos(z)$.

Для продолжения вниз перепишем ряд в виде $F(\theta) \approx \operatorname{Re} \sum_{k=0}^{\infty} \alpha_k Y^k$, где $Y = \exp(-i\theta)$ и заменим «соответствующей» g -дробью:

$$F(Y) \approx \frac{g_0 Y}{1 + \frac{g_1 Y}{1 + \frac{g_2 (1 - g_1) Y}{1 + \frac{g_3 (1 - g_2) Y}{1 + \dots}}}}$$

Для ее построения существует весьма эффективный и устойчивый алгоритм (g -алгоритм) Рутисхаузера-Бауэра [1,3].

Поскольку, как правило, практический интерес для определения положения полюсов представляет даже не сама функция $F(Y)$, а ее модуль, в алгоритме используется функция $\ln(1+|F(Y)|)$.

Примеры численной реализации метода приведены на модельных примерах (рис.1). Метод практически устойчив к геологическим помехам, опробован на задачах электроразведки (поле сопротивлений- ρ_k и вызванной поляризации- η_k), магниторазведки (поле ΔT), гравиразведки (поле Δg) и может быть распространен на другие геофизические методы.

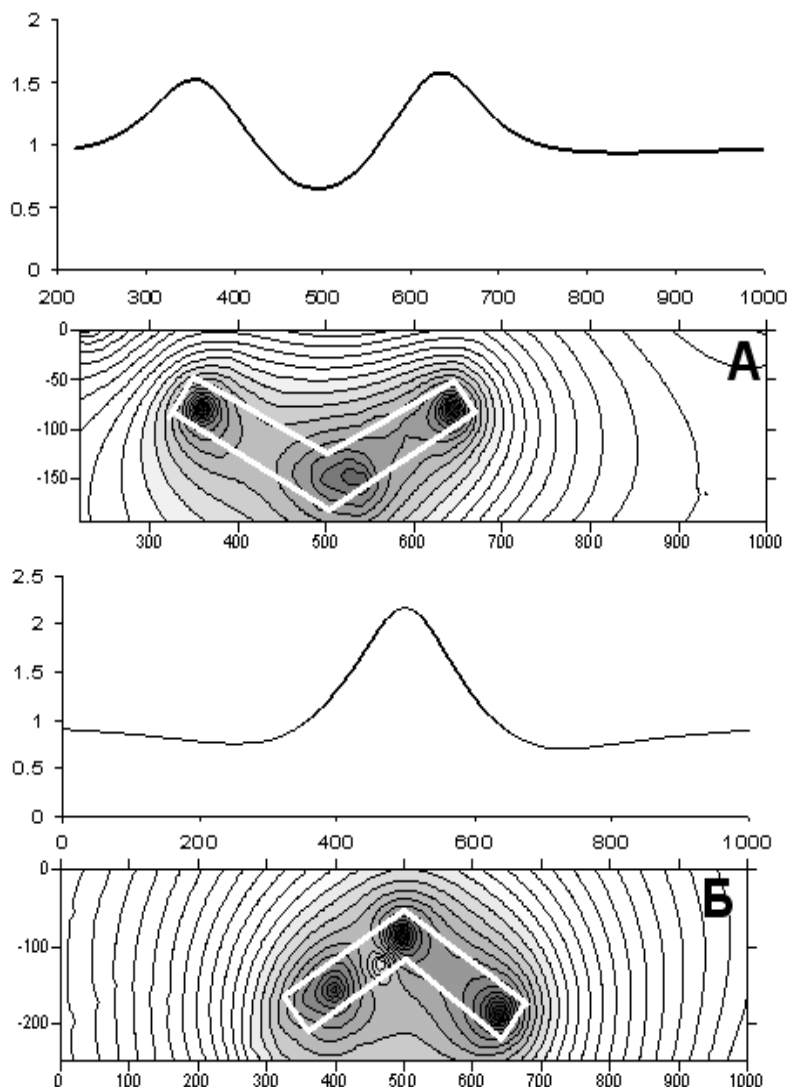


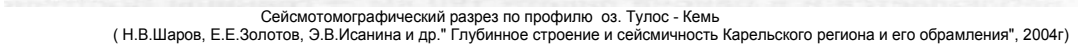
Рис.1. Аналитическое продолжение полей методом СФС на модельных примерах:

А – кажущаяся поляризуемость (метод СГ) над пластом в форме синклинали;
Б – кажущаяся поляризуемость (метод СГ) над пластом в форме антиклинали

Большой пробел в области математического образования в XX веке – забвение цепных дробей. Этот раздел математики ведет свое начало со времен Евклида, достиг своего расцвета в трудах Эйлера, Стилтеса, Чебышева, Адамара, Маркова, но ныне, практически, забыт. А ведь цепные дроби – это, по существу, способ нелинейного суммирования расходящихся рядов, как правило, встречающихся в геофизике.

Результаты обработки по методу СФС представляются в виде плана изолиний вертикального разреза, на котором отрисовываются максимумы и минимумы разных размеров и интенсивности, пространственные и дисперсные свойства которых позволяют выделить зоны тектонических нарушений, оценить морфологию и глубины геологических объектов приповерхностных и не выходящих на поверхность.

Рис.2 представляет возможности метода по обработке практических измерений. Метод СФС опробован с целью геолого-геофизической интерпретации результатов геофизических исследований, проведенных в различных регионах России. Для интерпретации использовались данные магниторазведки, электроразведки (метод ВП), гравиразведки различных масштабов.



А – магнитного и Б – вызванной поляризации над массивом габбро;
В – гравитационного поля в сопоставлении с результатом сейсмотомографии – Г по профилю Тулос – Кемь

185

ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Бейкер, мл, П. Грейвс-Моррис. Аппроксимации Падэ. М. Мир, 1986.
2. В.М. Березкин, М.А. Киричек, А.А. Кунарев. Применение геофизических методов разведки для прямых поисков месторождений нефти и газа. М. Недра, 1978.
3. У. Джоунс, В. Трон. Непрерывные дроби. М. Мир, 1985.
4. В.Н. Страхов. Аналитическое продолжение потенциальных полей. Гравиразведка: Справочник геофизика под ред. Е.А. Мудрецов, К.Е. Веселова. М. Недра, 1990.
5. П.К. Суетин. Классические ортогональные многочлены. М. Наука, 1979.
6. Ермохин К.М. Аналитическое продолжение геофизических полей в область источников аномалий с помощью цепных дробей. Вопросы теории и практики интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. М. ИФЗ РАН, 2007.
7. Ермохин К.М. Аналитическое продолжение геофизических полей в область источников аномалий методом аппроксимации цепными дробями. Геофизика (ЕАГО), 1.2007.

**УСИЛЕНИЕ ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ
КАК ИНДИКАТОР СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ****Жигалин А.Д.**

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва, zhigalin@land.ru

Закономерности распространения грязевых вулканов на континентах планеты, а также в морях и океанах показывают, что большинство грязевулканических провинций тяготеет к активной в сейсмическом отношении альпийской зоне складчатости. Единой точки зрения относительно механизма формирования грязевых вулканов и закономерностей проявления грязевого вулканизма не существует. В начале XX века обозначилась три главных направления, в рамках которых предпринимались попытки объяснить механизм формирования грязевых вулканов.

Одни исследователи, к группе которых относятся Штебер Э.П., Ковалевский С.А., Горин В.А., Кудрявцев Н.А., Кропоткин П.Н., Валяев Б.М., Мехтиев Ш.Ф., Гемп С.Д., Буниат-Заде З.А., Уилсон К.К. и др., утверждают, что грязевые вулканы имеют эндогенное магматическое происхождение. Другие геологи, среди которых следует назвать Шатского Н.С., Жукова М.М., Милановского Е.В., Руженцева В.Е., Зубера С., Горина В.А., Федорова С.Ф., Буниат-Заде З.А., Бондарчука В.Г., Путкарадзе А.Л., Зейналова Ч.А., Сирыку И.М., Халилова Н.Ю., Керимова А.А., Пильчина А.Н., Еланского Л.Н., Коппа М.Л. и др., главным фактором, определяющим возникновение грязевых вулканов, считают геодинамические процессы – развитие диапировых складок, пологих надвигов или глубинных разломов. Наибольшее число приверженцев, в группу которых вошли Калинин М.К., Якубов А.А., Зейналов М.М., Буниат-Заде З.А., Рахманов Р.Р., Григорьянц Б.В., Шнюков Е.Ф. и др., оказалось у точки зрения, согласно которой образование грязевых вулканов связано с формированием и разрушением месторождений нефти и газа. При этом, избыточное давление, возникающее в нефтяных залежах и обуславливающее прорыв грязебрекчий на поверхность через эруптивные каналы грязевых вулканов многие исследователи объясняли избыточным давлением углеводородных газов, сконцентрированных в недрах [1, 2]. Тем самым проявления грязевого вулканизма «привязывалось» к местонахождению месторождений углеводородного сырья.

Грязевулканическая деятельность характеризуется устойчивой периодичностью и обычно распадается во времени на два периода: период подготовки и, собственно, извержения. Во время извержения на дневную поверхность изливаются потоки полужидких грязебрекчий. Иногда при извержении из жерла вулкана выбрасываются твердые обломки и глыбы пород, нередко происходит самовозгорание попутно выходящих углеводородных газов, и над кратером появляется горящее пламя. Массы грязебрекчий, в которых содержатся большие количества воды, нефти, сероводорода и рассеянных сульфидов, растекаясь на площади, одновременно надстраивают образовавшийся ранее старый конус, формируют так называемые вулканические постройки. Извержение грязевого вулкана может длиться несколько дней, сопровождаться землетрясениями. В период затишья на кратерной площадке вулкана появляются многочисленные сальзы и грифоны, непрерывно поставляющие на поверхность жидкую грязь, газ, воду, иногда нефть или её следы. Возле каждого источника, пробивающегося на поверхность, отлагается масса плотных глинистых корок, которые, наращиваясь, превращаются в миниатюрное подобие вулкана и в дальнейшем становятся основанием вулканических построек в виде конусов различной высоты.

Грязевые вулканы очень редко бывают одиночными и обособленными. Гораздо чаще они формируют гряды или группируются в грязевулканические провинции разных размеров. При этом главной ареной, на которой проявляется грязевой вулканизм, являются предгорные и межгорные впадины, в которых накапливаются мощные толщии терригенно-глинистых кайнозойских отложений. Глубина проникновения корней грязевых вулканов может достигать нескольких километров. Состав газов, в изобилии поставляемых грязевыми вулканами, как во время извержений, так и в сальзово-грифоновую стадию, позволяет считать их генетически связанными с осадочными толщами грязевулканических провинций.