

когда инженерное сооружение все же является источником помех, для минимизации их влияния целесообразно выполнить одновременную регистрацию фоновых колебаний в основании сооружения и в пункте планируемого размещения сейсмической станции. Сравнение спектров позволит выделить колебания, связанные с резонансами здания, и оценить надежность изучаемого частотного диапазона. Такой анализ позволит сформировать набор фильтров, с помощью которых можно будет минимизировать влияние помех.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антоновская Г.Н., Шахова Е.В. Способ обследования конструктивной целостности инженерных сооружений // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 1. – С. 21-22.
2. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – Дата введения 2014-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 60 с.
3. РСН 65-87. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Технические требования к производству работ. – Введ. 1988-01-01. – М., 1998. – 14 с.

УДК 550.834.05

DOI:10.7242/echo.2021.1.14

ЗАВИСИМОСТЬ ФОРМЫ ГОДОГРАФОВ ПЕРВЫХ ВСТУПЛЕНИЙ ОТ КРИВИЗНЫ ЛИНИИ ПРОФИЛЯ И РЕЛЬЕФА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

И.Ю. Герасимова

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В рамках изучения свойств верхней части разреза возможно определение упругих характеристик по годографам первых вступлений, аппроксимируемых отрезками прямых линий. В реальных условиях за счет влияния различных факторов оси синфазности могут принимать более сложную форму. Рассмотрены погрешности, возникающие при сложной форме профиля наблюдений и рельефе поверхности исследований. Влияние указанных факторов приводит к ошибкам при расчете реальных параметров ВЧР.

Ключевые слова: годографы первых вступлений, преломленные волны, верхняя часть разреза.

В основу «классической» обработки годографов первых вступлений в рамках метода преломленных волн заложен этап аппроксимации осей синфазности целевых волн отрезками прямых линий. Это позволяет рассматривать верхнюю часть разреза (ВЧР) в рамках модели однородно-слоистой среды и вычислять ее характеристики в указанном приближении. В реальных условиях годографы первых волн могут принимать сложную форму, и разбиение на группу прямолинейных отрезков становится крайне затруднительным (рис. 1).

Кривизна годографа первых вступлений может быть обусловлена наложением ряда разнородных факторов: интерференцией волн разных классов, дифракцией, кривизной поверхностей преломления, эффектами проницания, переменной линией рельефа и др. [1-3]. Ниже будут рассмотрены только две возможные причины, вызывающие изменение формы годографа: изломанность профильной линии при проведении полевых исследований и сложная форма рельефа поверхности наблюдения.

Искажающий эффект, вносимый разницей между положением пунктов возбуждения и приема вдоль линии профиля (slalom-line) и реальным путем пробега упругих волн,

вычисляется при работах, связанных с сейсморазведкой больших глубин, на стадии обработки данных. При исследованиях в рамках малоглубинной сейсморазведки (незначительная длина расстановки по сравнению с работами на углеводороды) кривизна линии профиля может как оказывать влияние на форму годографа первых вступлений (рис. 2б, ПК 120 вблизи пункта возбуждения), так и не вносить значительных искажений (рис. 2б, ПК 16). Но в обоих случаях при изменении траектории пробега волн происходит закономерное изменение величин скоростей упругих колебаний, что естественным образом приводит к погрешностям при определении глубин залегания преломляющих границ. Таким образом, указанное обстоятельство требуется учитывать при изучении параметров ВЧР, что не всегда реализуется в практике исследований малых глубин.

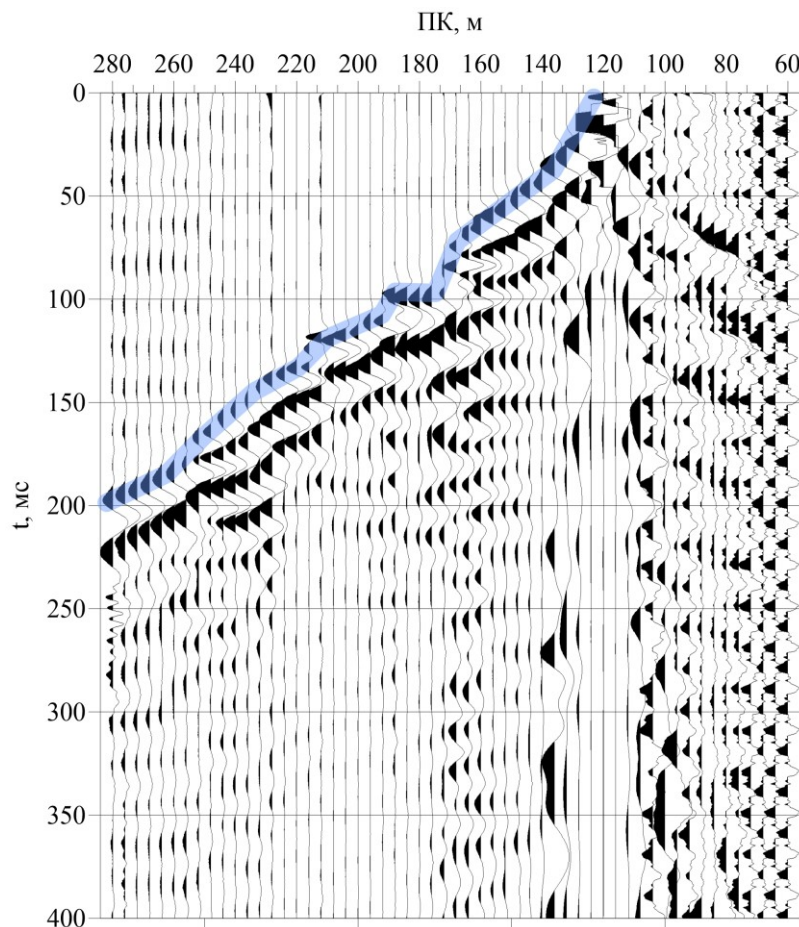


Рис. 1. Типичная сейсмограмма, полученная в пределах г. Березники, с прокоррелированной осью синфазности первых вступлений для встречных наблюдений

С целью изучения погрешностей, вносимых изменением рельефа поверхности наблюдений в регистрируемые упругие характеристики, проведено математическое моделирование, позволяющее изучить процессы формирования однократных волн, регистрирующихся в первых вступлениях. Сейсмогеологическая модель представлена двухслойной средой с постоянными величинами пластовых скоростей в каждой толще, причем преломляющая граница задана плоской горизонтальной линией. На сформированных в результате моделирования сейсмограммах в области первых вступлений наблюдаются интенсивные волны с осями синфазности, осложненными не только сложной формой рельефа, но и другими эффектами, ухудшающими качество прослеживания, например, интерференцией (рис. 3а).

В годографы, сформированные по результатам корреляции, введена поправка, позволяющая учесть влияние времени пробега волны в условном слое между максимальными и минимальными значениями альтитуд поверхности. В результате вычисленная по уточненным годографам (рис. 3б) глубина залегания преломляющей границы характеризуется средним значением, близким к заданному при решении прямой задачи (рис. 3в). Отклонения, вероятнее всего, вызваны наложением в области первых вступлений эффектов интерференции волн и др., рассчитанных при моделировании, но не учитываемых при формировании поправки за рельеф.

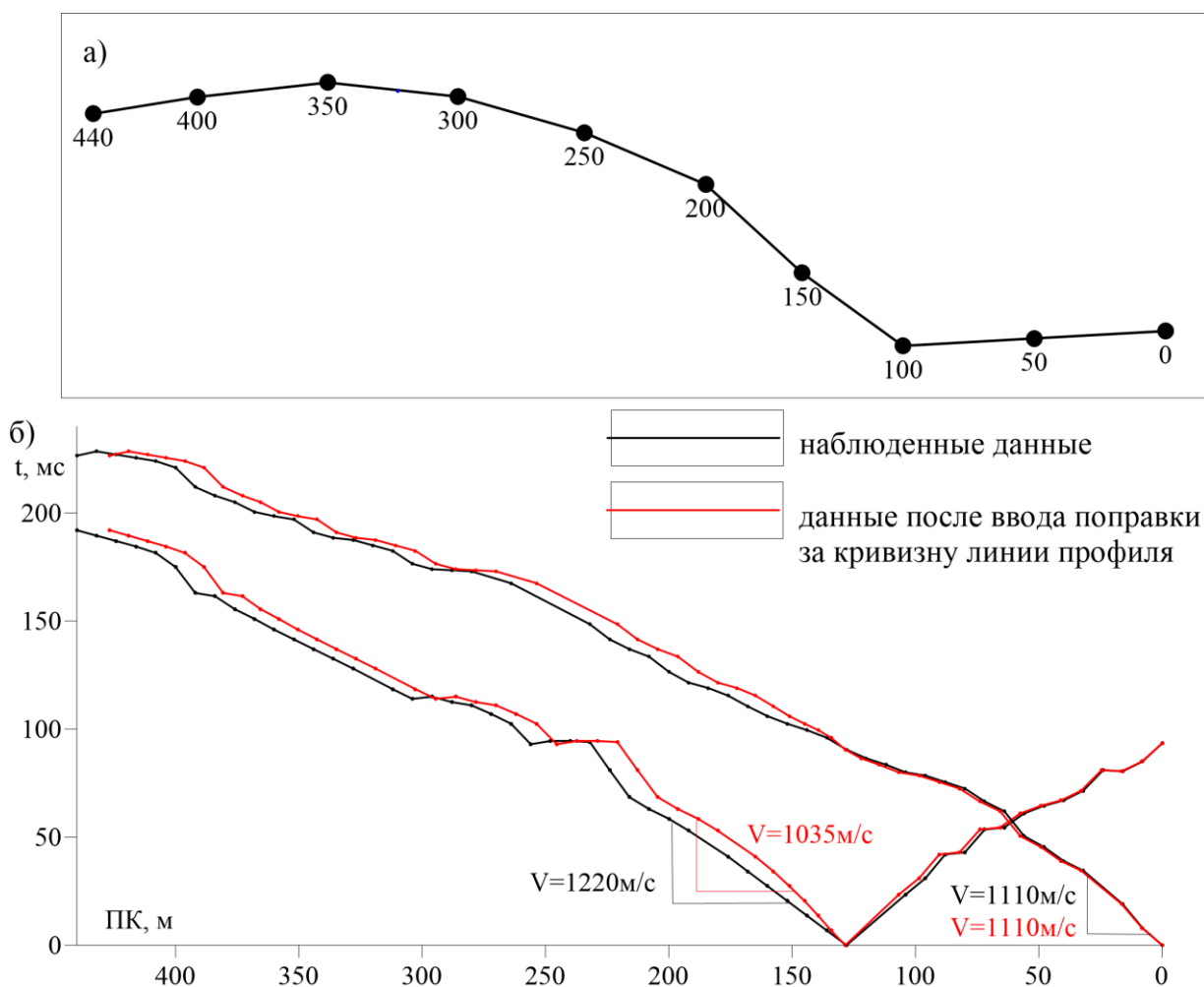


Рис. 2. Влияние конфигурации линии профиля на годографы первых вступлений: положение профиля в плане (а), трансформация годографов с учетом траектории пробега волн (б)

Поправки, позволяющие определить влияние конфигурации линии профиля и поверхности наблюдений, использованы для вычисления параметров ВЧР в пределах одной из реальных профильных линий (пример сейсмограммы со сложной формой оси синфазности представлен на рис. 1). Результаты изменения формы годографов первых вступлений после введения поправок показаны на рис. 2 и рис. 4.

При расчетах, следующих за этапом аппроксимации годографов отрезками прямых линий, применялся единый математический аппарат. Сопоставление данных (рис. 5) позволяет сделать вывод о том, что в реальных условиях сложные конфи-

гурации линий профиля и рельефа могут привести к искажениям при определении скоростей и глубин. В рассматриваемом примере разница между значениями пластовых скоростей в каждой из толщ изменяется до 400, 380 и 270 м/с (среднеквадратическая погрешность 156, 125 и 68 м/с, соответственно), а между значениями глубин залегания преломляющих границ – до 2 и 3 м (в среднем 0,6 и 0,9 м). При этом разница между величинами статических поправок для отметки уровня приведения +100 м, вычисленными до и после трансформации годографов первых вступлений, составляет не более 5 мс.

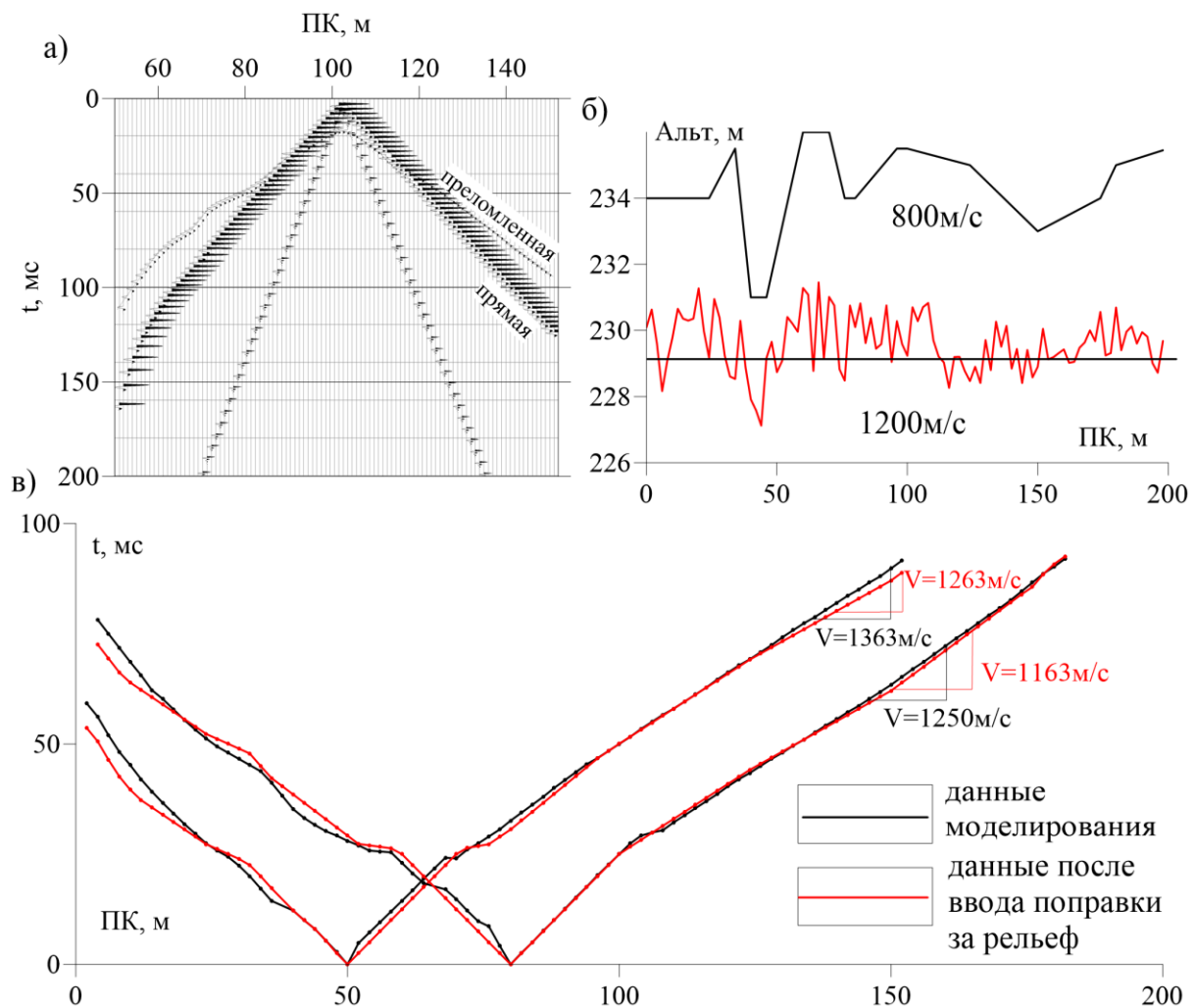


Рис. 3. Результаты моделирования: синтетическая сейсмограмма (а), исходная модель и граница, полученная при вычислениях после введения поправки (б), трансформация годографов (в)

Таким образом, эффекты, искажающие форму годографов первых вступлений, обусловленные конфигурациями линии профиля и рельефа поверхности наблюдений, могут приводить к значимым ошибкам при вычислении параметров верхней части разреза. Требуется дополнить, что еще одной из ведущих причин, определяющих криволинейность формы осей синфазности в области первых вступлений, является эффект преломления на границах, не являющихся гладкими. При более сложной форме границ также могут возникать эффекты проникания 1-го и 2-го рода. Все это значительно усложняет обработку и интерпретацию данных в рамках теории метода преломленных волн.

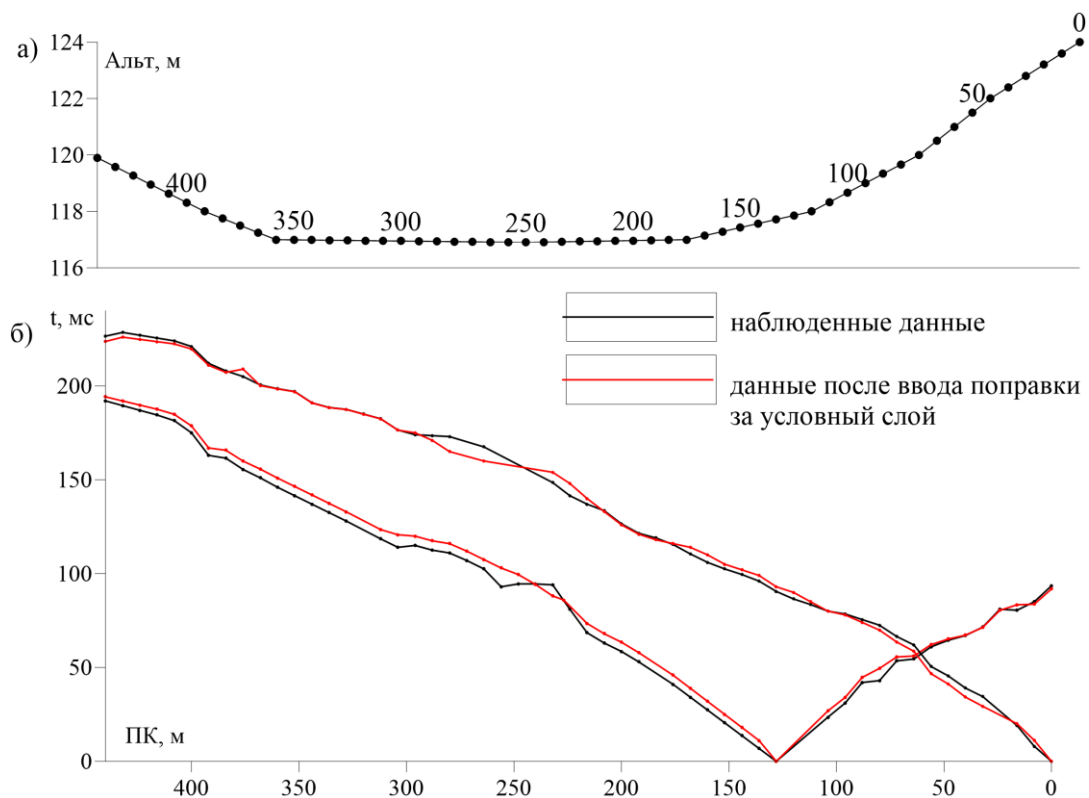


Рис. 4. Влияние рельефа на годографы первых вступлений: рельеф поверхности (а), трансформация годографов с учетом траектории пробега волн (б)

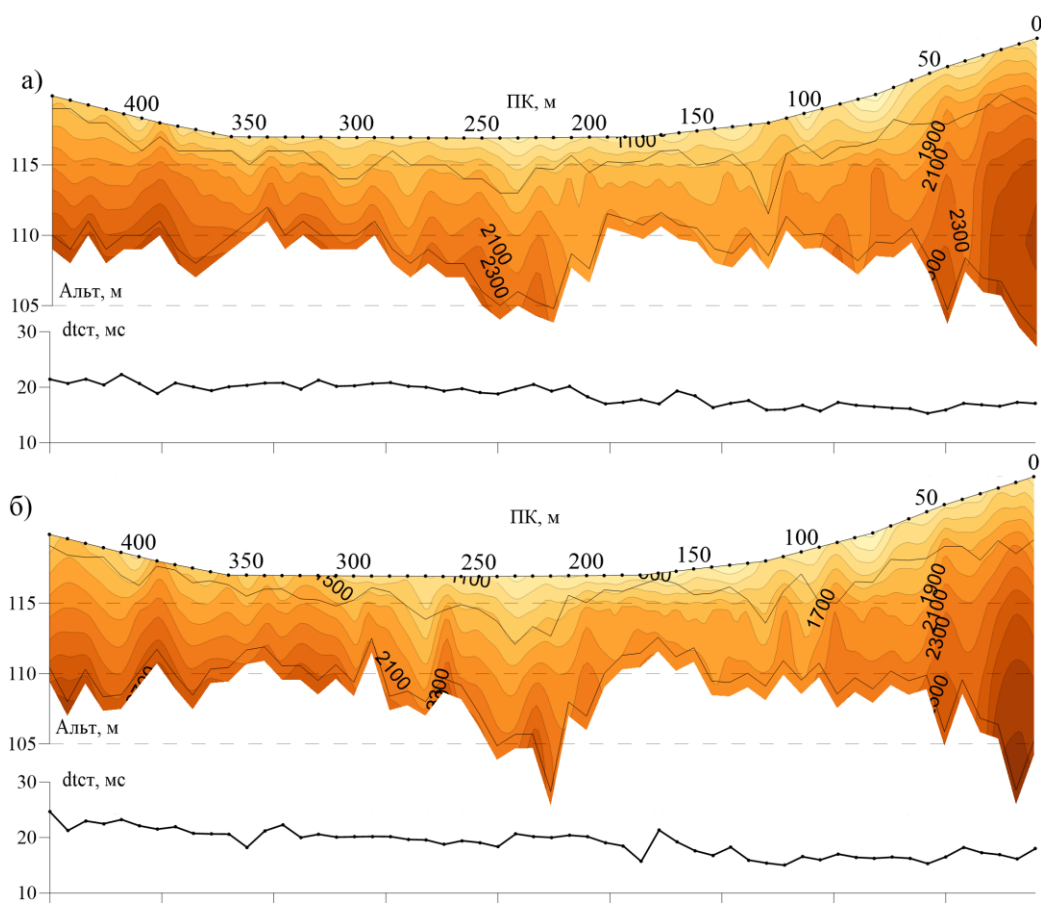


Рис. 5. Разрезы, полученные до (а) и после (б) ввода поправок

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Программы ФНИ,
проект № 0422-2019-0146-С-02
(регистрационный номер темы НИОКТР: АААА-А18-118040690028-5)*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Спасский Б.А. Учет верхней части разреза в сейсморазведке. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 1990. – 181 с.
2. Козырев В.С., Жуков А.П., Коротков И.П., Жуков А.А., Шнейерсон М.Б. Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке. Современные технологии. – М.: Недра, 2003. – 226 с.
3. Горелик Г.Д. Анализ кинематики волнового поля в задаче компенсации влияния рельефа поверхности области наблюдений // Геофизические методы исследования земли и ее недр: материалы X междунар. науч.-практ. конкурс-конф. молодых специалистов «Геофизика-2015». – СПб., 2016. – С. 22-29. – DOI: 10.13140/RG.2.1.2075.8005.

УДК 550.83.016

DOI:10.7242/echo.2021.1.15

НОВЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ

А.С. Долгаль

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация. Приводятся сведения из теории решения обратной задачи гравиразведки и магниторазведки. Представлена базовая схема моделирования аномалиеобразующего объекта, включающая в себя скрытую, потерянную и ложную информацию. Предлагается альтернатива традиционному представлению результатов количественной интерпретации в виде единичного оптимального решения, отвечающего минимуму невязки наблюденного и модельного полей. Её основой является построение репрезентативного подмножества допустимых решений нелинейной обратной задачи и анализ его структуры. Новой математической формой результатов моделирования является «пакет информации», включающий в себя несколько оценочных функций, а также одну или несколько интерпретационных моделей, для выбора которых используются критерии принятия решений в условиях неопределенности.

Ключевые слова: гравиразведка, магниторазведка, обратная задача, источник, информация, множество допустимых решений, критерий, гарантированный подход, оценочная функция.

Введение

В области математического моделирования традиционно выделяются два класса задач: прямые и обратные. В первом случае при известных причинах требуется определить следствия, во втором случае нужно найти причины, приведшие к определенным следствиям. В большинстве случаев обратные задачи являются некорректно поставленными. Это означает, что для этих задач одно или несколько из трех условий корректности по Ж. Адамару (существование решения, его единственность решения и устойчивость) могут не выполняться.

Обратные задачи обычно формулируются в бесконечномерных пространствах, но ограничение на количество измерений и целесообразность вычисления конечного числа неизвестных параметров приводят к изменению задачи в дискретной форме. Рассмотрим задачу определения параметров группы геологических тел и/или границ по данным полевых гравиметрических наблюдений в дискретной постановке. Согласно Е.Г. Булаху, для этого требуется зафиксировать в аномальном поле силы тяжести n -мерный $\mathbf{V} = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ – совокупность