



Думается, что все эти и другие вопросы можно будет разрешить в процессе обсуждения поднятых проблем на страницах нашего журнала, если редакция сочтет это уместным, и на упоминавшихся факультетских научно-методических семинарах, если таковые будут проведены.

Библиографический список

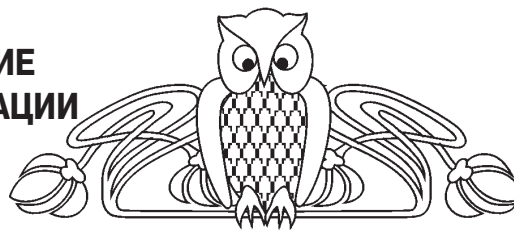
1. Кондратьев О. К., Физические возможности и ограничения разведочных методов нефтяной геофизики // Геофизика. 1997. № 3.
2. Балк П. И. Столкновение геофизических и математиче-

ских интересов – источник противоречий в современной теории интерпретации потенциальных полей // Геофизика и математика / под ред. В. Н. Страхова. М., 1999.

3. Рубаник А. Н., Большакова Г. П., Тельных Н. Н. Самостоятельная работа студентов // Высшее образование в России. 2005. № 6.
4. Конценебин Ю. П., Шигаев Ю. Г. Геофизика : учеб. пособие. Саратов, 2004.
5. Конценебин Ю. П., Шигаев Ю. Г., Шестаков Э. С., Иванов А. В. Введение в геофизику : учеб. пособие. Саратов, 2006.
6. Геофизика : учебник / под ред. В. К. Хмелевского. 2-е изд. М., 2009.

УДК 550:83

ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОМПЛЕКСА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ



М. И. Рыскин

Саратовский государственный университет
E-mail: riskinmi@yandex.ru

Рассматриваются вопросы необходимости физико-геологического моделирования (ФГМ) при решении обратных задач геофизики и вводится понятие согласованной ФГМ. Представлены основные положения методики согласованной сейсмогравиметрической ФГМ, обоснован подход к использованию сейсмогравиметрического моделирования и представлены примеры его реализации.

Ключевые слова: физико-геологическая модель, согласованная ФГМ, моделирование, гравиразведка, магниторазведка, сейсморазведка.

Physical and Geological Modeling as a Basis of Geological Interpretation of Geophysical Data Complex

M. I. Riskin

The questions need physical and geological modeling in solving inverse problems of geophysics and the notion of a coherent FGM. The key provisions of the agreed methodology seismogravimetric FGM, grounded approach to seismogravimagnetic modeling and provides examples of its implementation.

Key words: physic and geological model, coherent FGM, modeling, gravity survey, magnetic survey, seismic survey.

Предварительные замечания

Моделирование как универсальный метод познания утвердилось еще с незапамятных времен. Все наши научные представления о мире природы, общества и техники, наши знания о самих себе, о мышлении и его закономерностях носят, как сказано в [1], модельный характер. То общее, что определяет способ описания этих моделей, составляет, прежде всего, использование математического языка. Поэтому из всех

типов моделей математические отличаются наибольшей степенью универсальности [1]. Можно, конечно, считать начальным моментом возникновения модельных представлений изобретение 30 тысяч лет назад числовых знаков, фиксирующих количество, и создание лунного календаря, позволившего осуществлять письменный учет времени [2], но в современном понимании рациональные математические модели (ММ) вошли в практику лишь в эпоху Возрождения. Именно тогда появилась незыблемая формула Леонардо: «Никакой достоверности нет в науках там, где нельзя применять ни одной из математических наук, и в том, что не имеет связи с математикой» [3, с. 31]. И тогда же Галилей создал действующую модель Солнечной системы, объяснив с ее помощью механизм движения планет солнечной системы вокруг Солнца и те небесные явления, включая восход, закат, затмения Солнца, которые всегда волновали человечество. С той поры наука, обретшая универсальный инструмент познания – моделирование, постепенно становится самостоятельной сферой человеческой деятельности.

В естественных науках, где приходится объяснять какие-то природные феномены, используются ММ в виде дифференциальных и интегральных уравнений связи наблюдаемых значений физических полей с характеристиками среды, которые нельзя измерить непосредственно. В геофизике это *геологическая* среда, в строении которой из-за наличия *неоднородностей* в регистрируемых с помощью специальной измерительной аппаратуры геофизических полях (гравитационном, магнитном и т. д.) на дневной поверхности возникают местные возмущения, т. е. *аномалии*. Таким образом, геофизическая



информация (аномалии геофизических полей) о строении разреза всегда носит **косвенный** характер. По этим аномалиям требуется восстановить картину строения геологической среды, т. е. определить местоположение источников аномалии и их геометрические и петрофизические характеристики. Иными словами, требуется **извлечь** из геофизических данных собственно геологическую информацию. Эта задача – задача преобразования косвенной геофизической информации в прямые геологические понятия и категории – носит название **интерпретации**. По своей постановке задача интерпретации определяется как **обратная**, т. е. все геологические задачи являются обратными. Однако обратные задачи – **некорректные**.

Условия корректности, сформулированные в свое время французским математиком Адамаром, состоят в следующем. Должны одновременно соблюдаться три условия: решение задачи существует, это решение единственное и это решение устойчивое. Все перечисленные условия соблюдаются при постановке **прямых** задач, т. е. таких, когда задано строение среды (распределение и параметры источников аномалий), а требуется определить, каким будет распределение аномалий на поверхности наблюдений. Решение прямых задач не встречает принципиальных затруднений, поскольку упоминавшиеся уравнения связи, известные из теории поля (уравнения математической физики), детально рассмотрены в научной и учебной литературе.

Понятие ФГМ

Из некорректности обратных задач следует первая центральная идея разведочной геофизики – **идея модельности**, т. е. идея поиска решений обратных задач через систему допущений о распределении источников аномалий (модели этого распределения) и о заданном приближенно поле [4]. Иначе говоря, это идея поиска решений некорректных обратных задач через корректные прямые, которая позволяет тем самым «снять» проблему «существования решения» обратной задачи. Такой способ решения называется математическим моделированием. В основании процесса моделирования лежит понятие **физико-геологической модели (ФГМ)**. Этот термин был введен в употребление Г. С. Вахромеевым и А. Ю. Давыденко [5]. Также из некорректности следует и другая центральная идея разведочной геофизики – идея комплексирования методов, благодаря чему решается проблема единственности и устойчивости решения обратных задач.

В. Н. Страхов трактует ФГМ как сложную трехуровневую конструкцию. Нижний, базовый уровень – это **геологическая модель**, понимаемая как система элементов геологического строения, обобщенно описывающая состав,

структуру, форму изучаемых объектов и вмещающей их среды. Причем эта система должна быть выстроена во времени и пространстве. Другими словами, геологическая модель – это серия рисунков, последовательно запечатлевающих состояние изучаемого фрагмента земной коры на разных стадиях геологического процесса и, тем самым, оценивающая его нынешнее состояние и ресурсный потенциал. На этапе построения геологической модели решается задача обоснованного выбора моделей объектов поиска нефтегазовых месторождений. На основе геологической модели синтезируется **петрофизическая модель (ПФМ)**.

ПФМ – это следующий уровень ФГМ, платформа для решения прямой задачи геофизики. По сути это геометрически и петрофизически параметризованная геологическая модель, т. е. это уже не рисунок геологического строения, а чертеж, где количественно охарактеризованы предполагаемые форма, размеры, интервалы глубин залегания искоемых объектов и их эффективные физические свойства. Г. С. Вахромеев определяет ПФМ как объемное распределение в геологическом пространстве **структурно-вещественных комплексов (СВК)** модели, наделенных соответствующими **эффективными** физическими характеристиками (надпородный уровень организации вещества в модели). Под структурно-вещественным комплексом понимается совокупность пластов, более или менее однородных в литологическом и физическом отношении (терригенный и карбонатный структурно-вещественный комплексы и пр).

Следующий уровень ФГМ – математическая модель (ММ) – основа для реализации вычислительных процедур, необходимых для решения прямой задачи. ММ – это уравнения связи поля со средой и реализующие их вычислительные программы. В процессе реализации идеи комплексирования методов необходимо использовать многопараметровые (комплексные) ФГМ, но при этом геологически непротиворечивые. Такие ФГМ называют **согласованными**.

ФГМ также является исходной позицией для построения ММ интерпретации, которая рассматривается как система из следующих элементов: целевая задача интерпретации; модель поля; модель среды; модель связи поля со средой; объем потенциально извлекаемой информации; критерии оптимальности интерпретации; априорные или эмпирические оценки точности.

Математические модели интерпретации подразделяют на детерминистские и вероятностно-статистические [5]. Последние обычно применяют на ранних стадиях поисково-разведочных работ, когда отсутствуют необходимые для формирования ПФМ данные о физических свойствах пород, получаемые по результатам бурения глубоких скважин. При наличии таких



данных можно использовать детерминистский подход.

При разработке детерминистских моделей центральным является вопрос о том, каковы связи между физическими и геометрическими параметрами ФГМ. В [6] по этому критерию выделено три типа комплексных моделей среды: S , U и M .

Модель S не предполагает, что существуют жесткие функциональные зависимости между физическими и геометрическими параметрами. Такая модель реализуется объединением, суммированием, согласованием физических параметров и не требует частичного или полного совпадения областей, занятых источниками аномалий.

Комплексная модель U , напротив, предполагает совпадение геометрических параметров исходных моделей среды. Иными словами, необходимо совпадение граничных поверхностей, определяющих конфигурации отдельных геологических тел – элементов модели среды, а численные значения физических параметров, характеризующих одноименные тела, должны быть связаны функциональными или тесными статистическими зависимостями.

Комплексная модель M промежуточного типа имеет, по [7], как связанные, так и независимые параметры. Если приоритет отдается геологическим ценностям, то предпочтительнее выглядит модель U .

Из известных детерминистских методик комплексной интерпретации данных разных методов наиболее разработанными, согласно [7], можно считать парные, т. е. объединяющие какие-то два метода – сейсмо- и гравиразведку (методика согласованной сейсмогравиметрической ФГМ), сейсмо- и электроразведку (СЭВР), грави- и магниторазведку (методика псевдомагнитной аномалии – ПМА).

Согласованные ФГМ

Под согласованностью понимают единство геологической трактовки результатов различных геофизических методов, основанное на родстве физических параметров [8]. Иными словами, согласованная ФГМ – это такое (единственное) распределение источников с определенной геометрией и петрофизическими свойствами, которое одновременно удовлетворяет особенностям распределения всех наблюдаемых аномальных геофизических полей, объясняет все элементы их структуры. При этом приходится иметь в виду, что природа геофизических полей и характер моделей, объясняющих эти поля, могут быть изначально противоречивы, а следовательно, процесс согласования зачастую весьма затруднен.

Противоречивость эта коренится в том, что аномалии интегральных по своей природе

геопотенциальных полей Δg и ΔT обусловлены влиянием всей массы геологического тела-источника (неоднородности), а если таких неоднородностей несколько, то их влияние складывается и роль каждого в получившейся сумме пропорциональна массе и обратно пропорциональна квадрату расстояния от ее центра (тяжести) до поверхности наблюдения; в то же время волновое поле, регистрируемое на сейсмических записях, представлено отдельными «квантами» информации – в виде регулярных пакетов колебаний, связанных с границами раздела геологических напластований, на которых происходит отражение и преломление возбуждаемых вблизи поверхности наблюдений упругих волн. Несмотря на то что в тонкослоистых геологических средах в формировании волнового поля большую роль играет интерференция (наложение) колебаний от кровли и подошвы пластов, толщина которых соизмерима с длиной волны, несмотря на присутствие в сейсмозаписях помех, не связанных с геологической средой (микросейсм), и различные иные искажающие факторы, сейсмическая информация по своей природе **дифференциальна**: каждая граница раздела прослеживается в виде отдельного горизонта на временном разрезе.

Отсюда следует, что наибольший эффект от применения грави- и магниторазведки достигается при исследовании **вертикально-блоковых моделей разреза**. Напротив, сейсморазведка имеет ограничения по углу наклона отражающих границ ($10\text{--}15^\circ$), и при большой его величине волна от такой границы может вообще не выйти к дневной поверхности: применение сейсморазведки наиболее эффективно при исследовании **горизонтально слоистых толщ**.

Промежуточное положение занимает электроразведка. Кривые электроразведки фиксируют своими максимумами и минимумами пласты (или пачки пластов) высокого и низкого сопротивления, т. е. выявляют дифференциацию разреза, но не по плоскостям-границам раздела как сейсморазведка, а по более (на глубине) или менее (вблизи дневной поверхности) значительным его **интервалам**. Таким образом, максимальную степень упомянутой дифференциации разреза, вплоть до выделения тонкослоистых пачек, дает информация сейсмических разрезов. Дополненная информацией кривых электроразведки, отражающих смену в разрезе проводящих (преимущественно терригенных) и непроводящих (преимущественно карбонатных и галогенных) толщ, она становится содержательной как в структурном, так и в литологическом отношении, позволяя решать сложные задачи прогнозирования геологического разреза (ПГР) и даже прямых поисков нефтегазовых залежей, наличие которых вызывает снижение скорости распространения сейсмических волн, затухание их амплитуд и смещение максимума



спектра в область пониженных частот, а также повышение электрического сопротивления в нефтесодержащих пластах.

Все эти рассуждения призваны показать принципиальные трудности согласования интегральных гравимагнитных (вертикально-блоковых) и дифференциальных сейсмoeлектрических (горизонтально-слоистых) моделей и обосновать необходимость **ранжирования** факторов этих моделей (в процессе согласования ФГМ) по степени общности их проявления в упомянутых геофизических полях или, по терминологии А. Лурье и А. Чернова [8], по уровню их значимости. При этом очевидно, что в качестве факторов **первого уровня значимости**, т. е. факторов, формирующих определяющие особенности всех полей – интегральных и дифференциальных, – выступают такие граничные поверхности, которые разделяют наиболее контрастные в физико-геологическом отношении формации: магматические (гранитно-метаморфический комплекс фундамента) и осадочные породы; галогенные и карбонатные толщи в осадочном чехле; кислые (гранитные) и основные (базальтовые) образования консолидированной коры и т. д. В самом деле, и соляные купола, и выступы кристаллического фундамента, и глубинные разломы, контролирующие пространственные очертания и структурные позиции этих блоков-выступов, находят отражение во всех геофизических полях, так как на границах соль-подсолевые и соль-надсолевые, фундамент-чехол, граниты-базальты фиксируются резкие перепады значений всех основных физических параметров: плотности, скорости, магнитной восприимчивости, удельного электрического сопротивления.

По упомянутым границам-факторам первого уровня значимости, которые принято называть **критериальными**, т. е. удовлетворяющими критерию максимальной общности проявления в различных геофизических полях, осуществляется, в первую очередь, процедура согласования модели.

Для солянокупольных бассейнов (как, например, Прикаспийский) такими границами-факторами, формирующими главные элементы структуры аномальных полей, являются кровля и подошва галогенной формации с их ярко выраженной негоризонтальностью залегания, а также поверхность кристаллического фундамента. К границам-факторам **второго уровня значимости**, на которые не накладывається условие всеобщности, здесь могут быть отнесены те поверхности раздела (субгоризонтальные подсолевые и надсолевые) горизонтов, которые участвуют в формировании волнового и электромагнитного полей, или субвертикальные плоскости разломов фундамента, а также крутые склоны выступов в рельефе его поверхности, вносящие значительный вклад в

распределение гравимагнитных аномалий. Тем самым существенно облегчается сама процедура согласования ФГМ.

Факторы 1–2-го уровня значимости контролируют неоднородности геологической среды на уровне крупных комплексов пород, а соответствующий им уровень организации вещества в модели может быть определен как надпородный. При переходе от структурно-вещественных комплексов (СВК) к ПФМ это означает, что каждому такому комплексу придается единая эффективная (избыточная) оценка данного физпараметра (например, некая избыточная объемная плотность $\Delta\sigma$). Наконец, факторы третьего уровня значимости вообще не требуют согласования, так как к ним относятся те элементы (границы) модели, которые влияют на формирование индивидуальной структуры какого-то одного поля. Так, тонкослоистые терригенные пачки преимущественно карбонатного палеозойского разреза Волго-Уральской провинции находят отображение только в волновом поле временных сейсмических разрезов и совсем не видны в гравимагнитных полях и даже на кривых электроразведки. Уровень организации вещества в ПФМ для таких факторов должен соответствовать уже не комплексу в целом, а отдельному пласту и определяется как породный.

Комплексная интерпретация сейсморазведочных и гравиметрических данных

Известно, что основным методом поиска и подготовки объектов к бурению на нефть и газ является сейсморазведка. Однако в сложных сейсмогеологических условиях сейсморазведочные прогнозы нередко оказываются неоднозначными, неустойчивыми, так как даже сейсморазведка не свободна от так называемой практической эквивалентности, обусловленной погрешностями определения времен регистрации волн и скоростей их распределения. Общепринятым средством преодоления неустойчивости служит комплексирование, в том числе с данными геопотенциальных методов – грави- и магниторазведки. Тем не менее данные разных методов для комплексного использования нуждаются, как уже говорилось, в согласовании. В ряде известных публикаций показано, что на базе согласования можно успешно решать задачи оптимизации вариантов и, тем самым, повышения надежности сейсморазведочных построений. Эти задачи обычно решаются путем построения согласованных сейсмогравиметрических ФГМ. В процессе построения и оптимизации таких моделей удается оценить, насколько соответствуют предлагаемые сейсморазведчиками варианты структурных по-



строений той информации, которая заключена в аномалиях поля Δg . Одновременно оценивается вклад, вносимый каждым значимым элементом сейсмической структурной модели в суммарное поле Δg , и таким образом определяются разведочные возможности гравиметрического метода и уточняется геологическая природа аномалий.

При использовании методики сейсмогравиметрической ФГМ среду в нижнем полупространстве характеризуют параметрами – σ (плотность), V_p и V_s (скорости продольных и поперечных волн соответственно), λ и μ (упругие коэффициенты Ляме). Полагают, что эти функции однозначные и непрерывные в пределах слоев или блоков и изменяются скачком на контактных поверхностях. При этом поверхности скачков параметров, как правило, совпадают между собой.

Комплексная интерпретация в рамках моделей S , U , и M осуществляются следующим путем [7]:

- 1) составления исходной модели;
- 2) решения прямых задач с целью реализации подбора;
- 3) сравнения расчетных полей с наблюдаемыми;
- 4) оптимизации модели с последующим повторением этапов 2–4.

«Жесткий каркас» сейсмических параметров, на который опирается «конструкция» модели, затрудняет согласование результатов разных методов. В рамках моделей U и M используется, в частности, подход, при котором сейсмическая интерпретация по моделируемому профилю выполняется заранее и дает геометрическую структурную основу для интерпретации поля силы тяжести, т. е. глубина и морфология контактных поверхностей (отражающих и одновременно гравиактивных границ) уже не меняются в процессе моделирования, а совмещение расчетных и наблюдаемых кривых должно быть достигнуто только вариацией плотностных характеристик. Как правило, этого не удается сделать, опираясь на слоисто-однородный способ аппроксимации разреза, и методология согласования несколько видоизменяется. Кроме того, реализуя обсуждаемую методику, приходится учитывать, что «глубина» сейсмической интерпретации зачастую оказывается недостаточной для того, чтобы объяснить природу аномалий Δg (добиться согласования), в формировании которых определяющую роль играют рельеф и внутренняя неоднородность кристаллического фундамента. Говоря о недостаточной «глубине», мы имеем в виду тот факт, что на сейсмических временных или глубинно-динамических разрезах обычно не удается устойчиво проследить отражения от кровли фундамента, тем самым приходится восстанавливать геометрию этой гравиактивной поверхности по другим (менее надежным) источникам – фондовым построени-

ям давних лет, осуществленным по материалам КМПВ и МПОВ, результатам решения обратных задач гравиразведки и магниторазведки. Можно предложить и другой путь – путь устранения из поля Δg трендовой составляющей, обусловленной влиянием фундамента, в результате чего интерпретатор освобождается от необходимости вводить в ФГМ факторы рельефа поверхности и неоднородности внутренней структуры кристаллического основания. Однако линейный тренд (полином первой степени) слишком груб, а для подбора трендов более высокой степени обычно не хватает априорной информации.

Отсюда возникает идея более активно востребовать магнитометрические данные и перейти от сейсмогравиметрического моделирования к **сейсмогравимагнитному**. Такую переходу способствуют также многочисленные свидетельства недостаточности сейсмогравиметрического комплекса в сложных условиях юго-востока Русской плиты и Прикаспийской впадины [9].

Методика такого «трехкомпонентного» моделирования строится следующим образом. Первоначальный вариант геометризации модели по сейсмическому структурному каркасу и упомянутым источникам о гипсометрии кровли фундамента параметризуется в рамках слоисто-однородной аппроксимации по значениям σ , полученным из имеющихся керновых данных, фондовых каталогов, корреляционных зависимостей плотности от скорости и пр. Решение прямой задачи гравиразведки на основе такого слоисто-однородного варианта ФГМ обнаруживает существенное расхождение теоретического Δg с наблюдаемым. Процесс уточнения модели включает два этапа.

Во-первых, решается задача оптимизации структуры фундамента через магнитное поле, в формировании которого фундамент играет определяющую роль. Границы и структурная позиция блоков фундамента на разрезе моделируемого сейсмопрофиля определяются с учетом информации о разломах, полученной из упоминавшихся фондовых источников, а также в результате изучения особенностей волнового поля на временном или глубинно-динамическом разрезе. Петромагнитная параметризация блоков осуществляется с использованием результатов капаметрических измерений и фондовых данных. Обычно намагниченность осадочных пород не превышает, как правило, $100 \cdot 10^{-3}$ А/м, и наиболее магнитные из них участвуют в строении нижнего терригенного комплекса осадочного чехла, тесно коррелированного с фундаментом. Петромагнитная характеристика блоков фундамента и упомянутого терригенного комплекса подбирается такой, чтобы «компенсировать» в первом приближении основные особенности кривой ΔT .

Затем осуществляется параметризация тех же блоков плотностной модели так, чтобы их



плотностная характеристика не противоречила петромагнитной. После уяснения роли блоков фундамента и нижнего терригенного комплекса в формировании поля Δg подбирается плотность вышелегающих структурно-вещественных комплексов осадочного чехла с учетом скважинных и литературных данных.

Моделирование этой части разреза осуществляется путем так называемой **«избыточной» внутриформационной геометризации СВК**, основой для которой служит **рисунок волнового поля**. Избыточная геометризация заключается в разбиении СВК на квазивертикальные блоковые тела – своего рода «кирпичики», которые как бы составляют эти комплексы. Каждый «кирпичик» – это отображение некоего элемента структуры волнового поля используемого временного разреза. Задача состоит в том, чтобы обособить все указанные элементы структуры волнового поля, мало-мальски отличающиеся своим рисунком – динамической выразительностью (яркостью), наличием даже незначительных перерывов прослеживаемости отражающих площадок, но имеющих более или менее сквозной характер и т. п. Иными словами, принцип базируется на **тотальной геологической детерминации** волнового поля. Такая детерминация, по сути, не только избыточна, но и не отвечает объективной реальности, поскольку в волновом поле всегда присутствуют недоподавленные помехи, вносящие свой вклад в общую структуру данного поля. Но все это не так страшно, поскольку в конечном счете далеко не каждому элементарному «кирпичику» ФГМ придается индивидуальная петрофизическая характеристика (т. е. свое, отличное от окружающих элементов разреза ФГМ значение плотности или намагниченности). А если два или несколько соседних «кирпичиков» характеризуются одинаковым значением петрофизического параметра, то они сливаются в один, таким образом, избыточная геометрическая параметризация превращается в более или менее адекватную реальности. Помимо рисунка волнового поля, для геометризации ФГМ используются особенности морфологии профильных кривых Δg и ΔT – особые точки (максимумы, минимумы, изменения градиентов наклона кривых и пр.); соответствующие этим точкам «вертикали» глубинно-динамического разреза просматриваются с позиции целевого поиска каких-либо динамических флуктуаций или разрывов корреляции отражений на временном разрезе.

В конечном счете достигается совмещение расчетных и наблюдаемых кривых Δg . Процесс формирования согласованной сейсмогравимагнитной ФГМ завершается петромагнитной параметризацией «квазиблоков» и окончательным совмещением расчетной кривой ΔT с

наблюдаемой. Процесс подбора кривых останавливается достижением минимума среднеквадратического отклонения расчетных кривых Δg и ΔT от наблюдаемых. Для подбора ФГМ и расчета теоретических кривых используется программный комплекс Gravbul и Magbul, разработанный А. А. Булычевым (МГУ им. Ломоносова, 2000 г.).

В итоге вырисовывается следующая последовательность действий. По каждому профилю создается базовый вариант ФГМ со слоисто-однородной аппроксимацией разреза. Затем добиваются совмещения расчетных кривых ΔT и Δg с наблюдаемыми. После этого переходят к параметризации разреза через избыточные влияния для того, чтобы лучше отслеживать влияние отдельных значимых факторов ФГМ (солянокупольный, подсолевой и пр.) на формирование суммарного поля и, тем самым, подойти к оценке геологической природы отдельных его элементов (максимумов, минимумов и пр.). Подобный подход к оценке этой природы можно определить как **«пофакторное взвешивание»**.

В техническом отношении наиболее «трудным» местом двумерного (профильного) моделирования является увязка элементов ФГМ в точках пересечения профилей. Требовать, чтобы в данных точках петрофизические характеристики совпадали стопроцентно, невозможно из-за того, что природа аномалий трехмерная и суммарная, а профили «врезают» поле в разных азимутальных сечениях. Поэтому контроль за соответствием проводится достаточно жестко, но в рамках разумного. Эти рамки определяются необходимостью строить в некоторой дельта-окрестности таких точек пересечения карты изоденс $\Delta\sigma_{ост}$, т. е. карты равных значений избыточной плотности целевого комплекса разреза (подсолевого). Построением указанных карт, собственно говоря, и завершается работа по увязке профильных моделей и воссозданию некой объемной конфигурации разреза.

Пример согласованной ФГМ по одному из сейсмических профилей в районе Астраханского свода приведен на рис. 1, 2, 3. Эта модель интересна четким проявлением соляных куполов в гравитационном и волновом полях. Согласованная петроплотностная ФГМ показана на рис. 1, а согласованная петромагнитная ФГМ – на рис. 2. Пофакторное взвешивание иллюстрирует рис. 3.

Изложенные соображения, а также результаты, представленные в публикациях [9,10], свидетельствуют о целесообразности и необходимости привлечения информации геопотенциальных методов к интерпретации в комплексе с сейсморазведкой для повышения геологической эффективности геофизической разведки нефтегазоперспективных объектов.

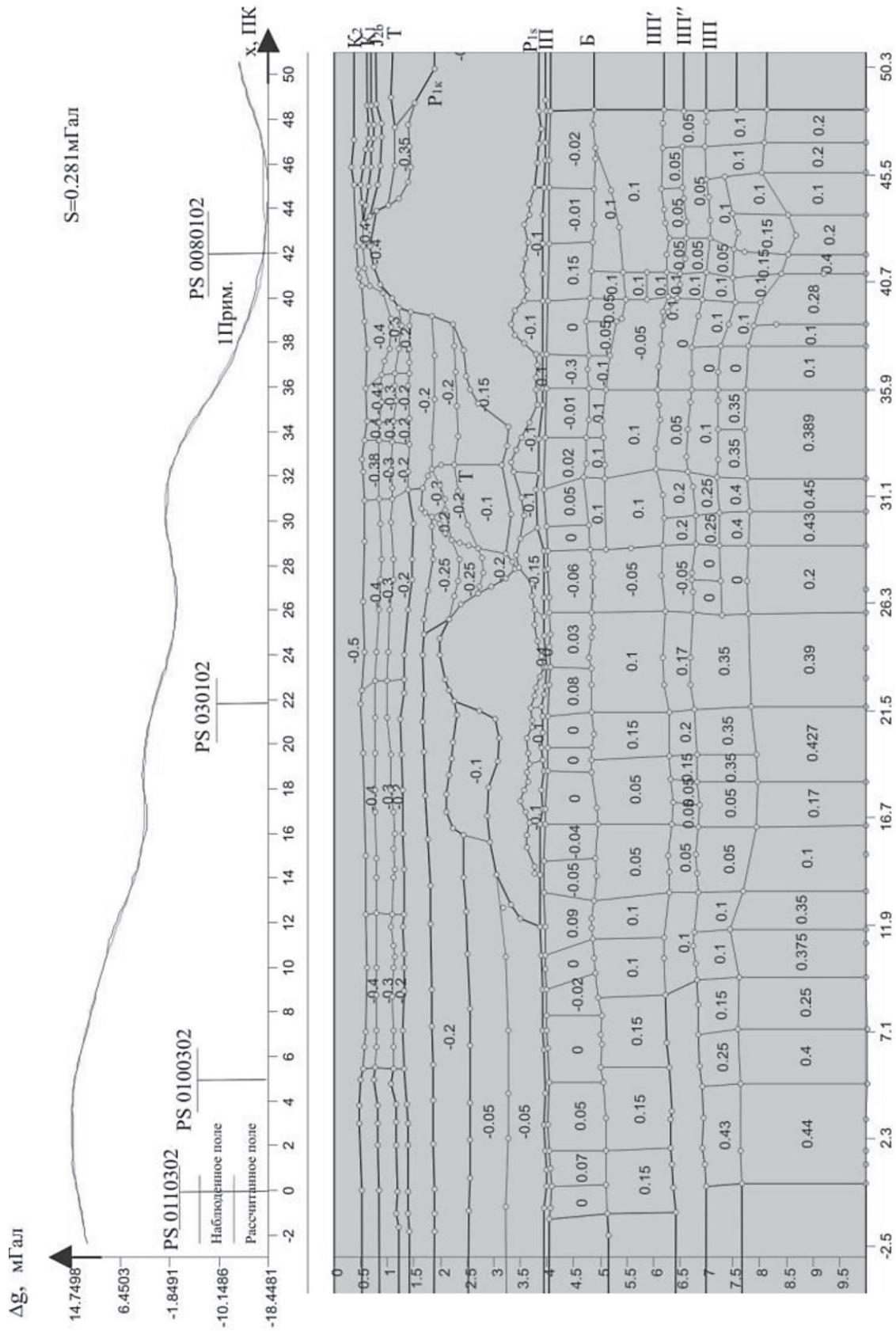


Рис. 1. Сейсмограмметрические согласованные ФГМ профиля PS 0120102

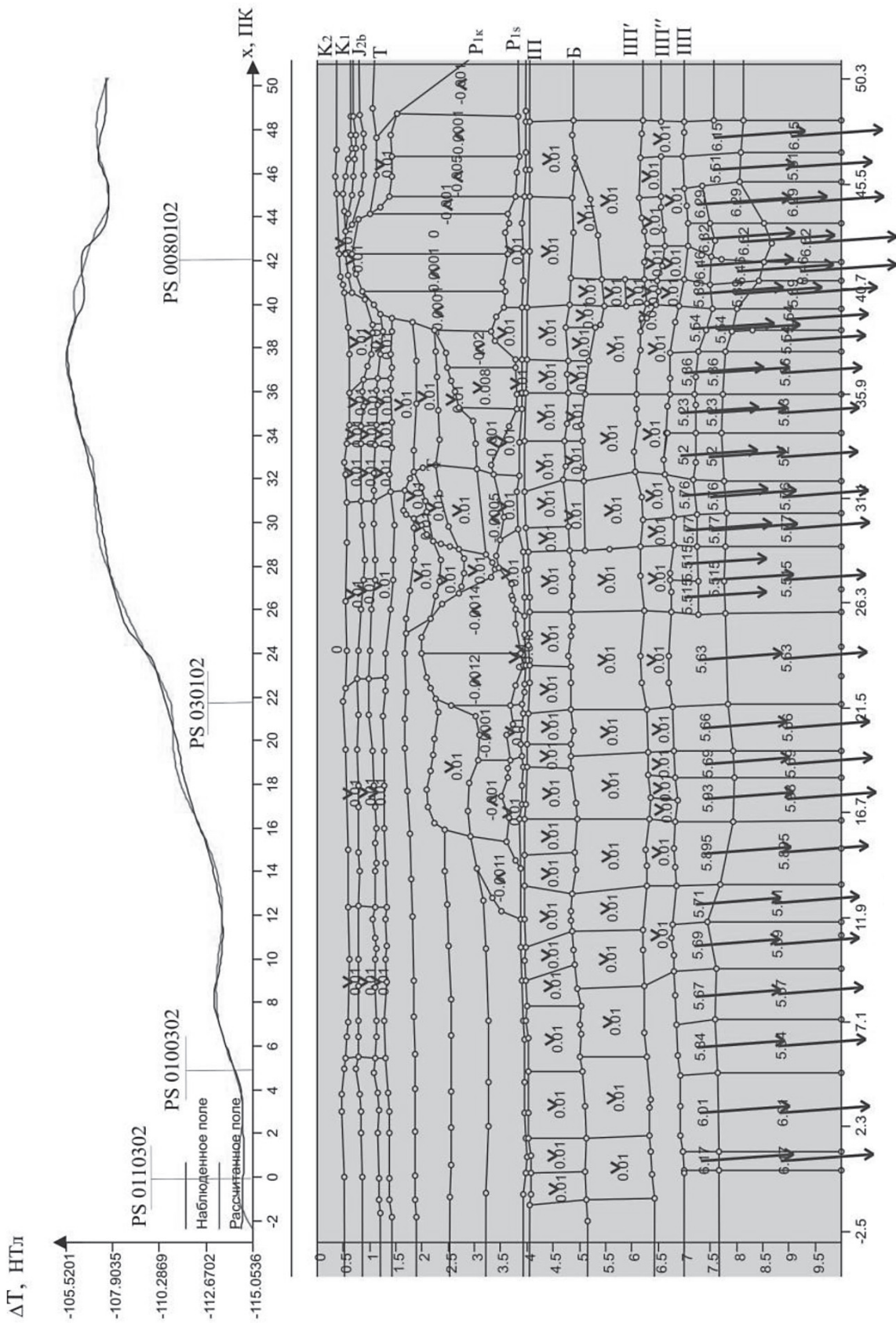


Рис. 2. Петромагнитная ФГМ разреза профиля PS 0120102

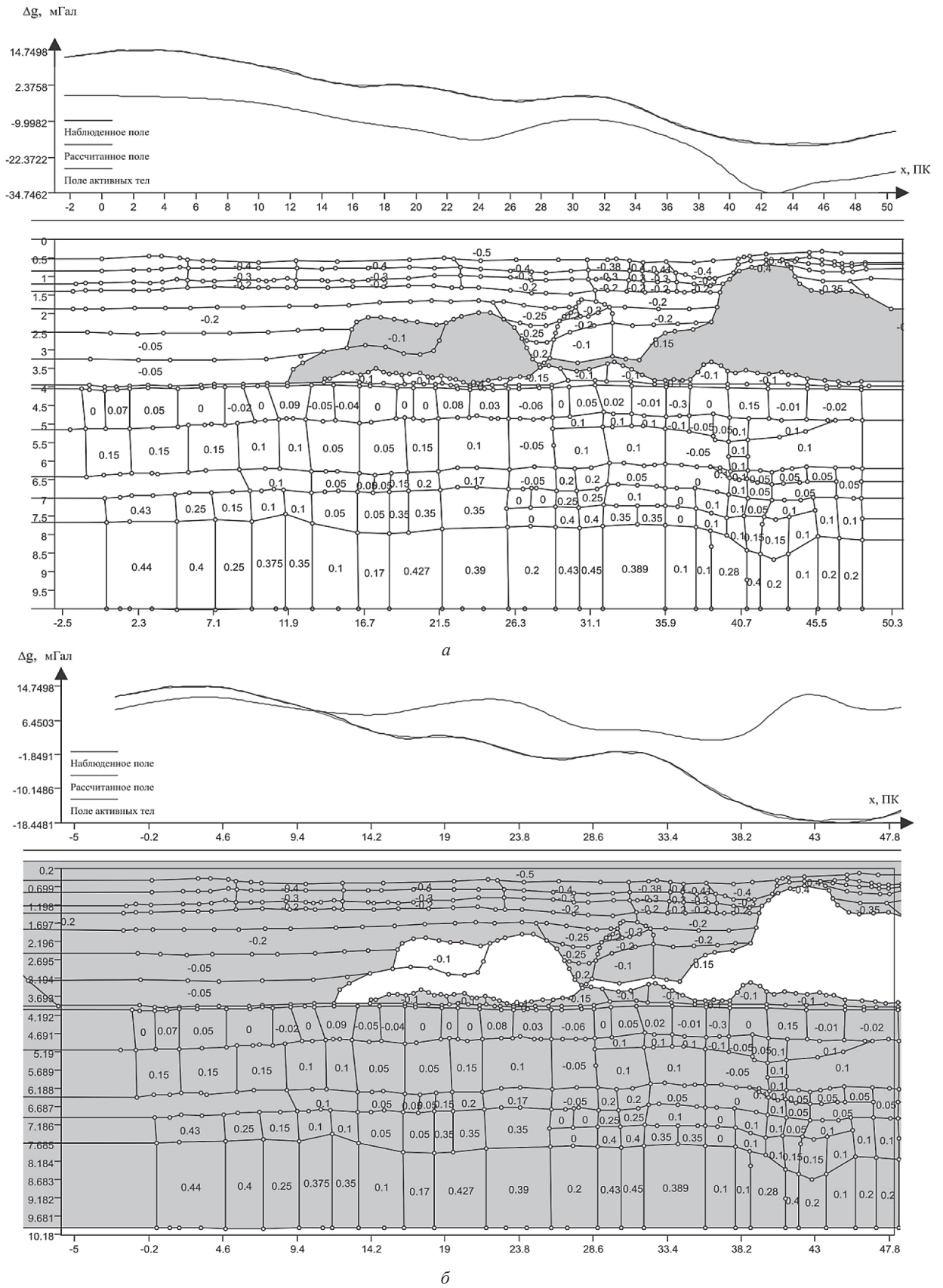


Рис.3. Гравитационный эффект, обусловленный влиянием соляных куполов (а) и их исключением (б) из суммарного поля Δg



Библиографический список

1. Неуймин Я. Г. Модели в науке и технике. История, теория, практика. Л., 1984.
2. Пойзнер Б. Н., Ситникова Д. Л. Big bifurcation : рождение математического моделирования // Изв. вузов. ПНД. 2000. Т. 8, № 5.
3. Ратников В. С. Физико-теоретическое моделирование: основания, развитие, рациональность. Киев, 1995. 290 с.
4. Страхов В. Н. Основные идеи и методы извлечения информации из данных гравитационных и магнитных наблюдений // Теория и методика интерпретации гравитационных и магнитных аномалий. М., 1979.
5. Вахромеев Г. С., Давыденко А. Ю. Моделирование в разведочной геофизике. М., 1987.
6. Голыздра Г. Я. Теория и методы интерпретации данных гравиразведки и магниторазведки // Геофизика и математика : материалы 1-й Всерос. конф. / под ред. акад. В. Н. Страхова. М., 1999.
7. Никитин А. А. Комплексная интерпретация геофизических полей при изучении глубинного строения Земли // Геофизика. 1997. № 4.
8. Лурье А. Г., Чернов А. А. Комплексная интерпретация геофизических данных на основе построения согласованной модели среды. Разведочная геофизика. М., 1982. Вып. 25.
9. Рыскин М. И., Сокулина К. Б., Барулин Д. А. Об эффективности комплексирования сейсмических и гравимагнитных данных при разведке нефтегазоперспективных объектов // Геофизика. 2005. № 4.
10. Рыскин М. И., Сокулина К. Б. Комплексная интерпретация геофизических данных. Саратов, 2006.