



## Interpretation of Gravity Data for Regional Investigations

*Andrei Chernov*

“Pangea” Inc., P.O. Box 90, Moscow, 109004, Russia.

**Key words:** gravity, interpretation, prospecting, techniques, geological medium

**Abstract.** The observed gravity and magnetic anomalous fields are used for solution of any geological tasks: for example, by oil and gas prospecting and exploration. These methods may be very effective for geomapping, earth crust deep investigation. The gravity effects by oil and gas objects are no more decimal parts of milligal. The most urgent problem of using gravity data is related of elaboration of interpretation methods of field information for the concluding about the distribution features of density inhomogeneous of section and for the planning of the further stages of geologic-geophysical works. Interpretation of gravitational anomalies is based to the theorems of uniqueness of a solution of inverse problems of the theory of a gravitational potential in various statements. However their practical use is hampered by that the gravity anomalies are observed on the rather limited area and contain errors of measurements. In this connection a main problem is the selection such of reasonable classes of geological

bodies, in which the solution is unique and constructive, and is created on an external potential. For deriving physically interpreted solutions of inverse problems of gravity it is important, that the carrier of a solution enveloped the carrier of real distribution generating the given anomaly, or at least all singular points of a field. The results of gravity anomalous field modern techniques using for solution of complex geological task are described. Relationship of density values of rocks and its composition and ore perspective is shown. Some recommendations for using authors methods by finding of gold-platinum deposits are given. Our researches show, that in a structure of ore-magma system gold-platinum of a deposit a Dry Broad Gully ore generation source are basite-ultrabasite rocks of Early Precambrian basement, with a high degree of reliability traced by gravity data in the basis of Bodaibinsky synclinorium.

## Интерпретации гравиметрических данных при региональных исследованиях

*Андрей Чернов*

Геологическая эффективность использования гравитационной и магниторазведки достаточно велика при исследованиях земной коры планетарных и региональных масштабов, при геокартировании, изучении глубинного строения: районирование на основе преобразований и конверсии аномальных полей, выявление разломов и нарушений посредством вычисления высших производных, градиентов и т.п.

Результатом геологической интерпретации гравиметрических данных является, в общем случае, модель распределения плотностей изучаемого участка земной коры на произвольно ограниченном интервале глубин, которая истолковывается в геологических терминах, т.е. как структурные и вещественные элементы геологической среды.

Использование магнитных аномалий позволяет определять местоположение магнитоактивных масс, устанавливать положение поверхности фундамента в платформенных областях, трассировать дислокации и т.п.

Изучение строения земной коры на территории России в течение многих лет привело к разработке, развитию и практическому использованию ряда методик совместной интерпретации данных, полученных при применении различных методов геофизики.

Гравиметрический метод является ведущим геофизическим методом при изучении глубинного строения. Интерпретация гравитационных аномалий основывается на теоремах о единственности решения обратных задач теории гра-

витационного потенциала в различных постановках. Однако их практическое использование затруднено тем, что аномалии зафиксированы на весьма ограниченной площади наблюдений и содержат ошибки измерений. Для получения физически осмысленных решений обратных задач гравиметрии важно, чтобы носитель решения охватывал носитель реального распределения масс, порождающих данную аномалию, или, по меньшей мере, все особые точки поля. Изучение глубинного строения, районирование, выявление разломов и нарушений реализуется посредством интерпретации потенциальных полей с использованием ряда приемов (Страхов, 1977; Болдырева и др., 1990; Болдырева и др., 2002; Мушин и др., 2001). Гравиметрические и магнитометрические данные в этом случае позволяют дополнить полученный сейсмический глубинный разрез посредством определения положения особых точек поля и экстраполяции. Соответствие расчетного поля разреза наблюдаемым данным является необходимым (но не достаточным!) критерием истинности любых построений.

Осуществление трансформаций геопотенциальных полей реализует возможность выявления на региональном этапе исследований основных закономерностей геологического строения, создания геолого-геофизических разрезов отложенных крупных геоструктурных элементов с использованием только гравиметрической и магнитометрической информации, делает эти методы чрезвычайно привлекательными для исследователей.

Весьма эффективным является метод совместного анализа гравитационных и магнитных аномалий, основанный на конверсии геопотенциальных полей. Реализуется пересчет аномальных полей: гравитационного в магнитное или магнитного в гравитационное (рассчитанные поля именуются также псевдополями). Метод основан на связи между гравитационным и маг-

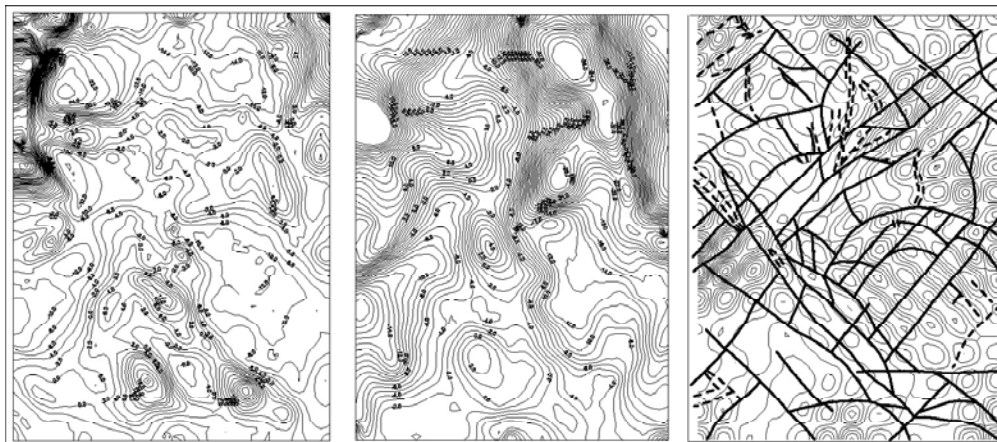
нитным полями, описываемой уравнением Пуассона. Интерпретация потенциальных полей методом особых точек проводится в условиях дефицита априорной информации. В этом случае определяется положение в разрезе аномалиеобразующих источников и оценка степени дифференцированности изучаемой толщи (Болдырева и др., 1990).

Методы экстраполяции позволяют, установив (численно) связь между аномалиями силы тяжести и (или) магнитного поля и глубинами до тех или иных горизонтов на эталонных участках (т.е., участках уверенного прослеживания сейсмических границ), прогнозировать положение последних на участках отсутствия сейсмической информации (Болдырева и др., 1990; Болдырева и др., 2002).

Гравиметрическое моделирование реализует подбор параметров гравитирующей среды, позволяет во всех случаях получить распределение плотностей по разрезу, тем более достоверное, чем больше используется априорных данных. Почти всегда успех в построении геолого-плотностного разреза достигается посредством применения комплекса приемов. Интерактивный подбор плотностных и геометрических свойств разреза, с использованием всех априорных данных, обеспечивает создание насыщенной геоплотностными (петрофизическими) свойствами модели строения геологической среды (Страхов, 1977; Болдырева и др., 1990; Лаверов и др., 2000).

Некоторые результаты геологической интерпретации гравиметрических данных.

Реальные возможности детального изучения Байкальской впадины появились после проведения высокоточной гравиметрической съемки масштаба 1:200 000 и сейсмического профилирования на акватории озера. Региональное гравитационное поле Байкальского региона отчетливо отражает новейшие (неотектонические) структурные элементы земной коры, сформиро-



Наблюдаемое магнитное поле.

Наблюдаемое гравитационное поле.

Полосовая фильтрация гравитационного поля.

Интерпретационный участок в Западной Сибири.

Схема полосовой фильтрации гравитационного поля совмещена с картой разломов, составленной по геологическим и магнитным данным.

вавшиеся в позднем кайнозойе в процессе континентального рифтогенеза, но при этом проявляется и древнюю архитектуру региона. По структуре регионального гравитационного поля впадина Байкальского рифта четко разделяется на две части диагональной зоной локальных максимумов поля силы тяжести, протягивающейся от устья Бугульдейки до мыса Кабаний. В особо сложных геологических условиях именно градиенты аномалий гравитационного поля сужают неоднозначность решения обратной задачи гравиметрии (Болдырева и др., 1990; Страхов, 1977). Для плотностного разреза через южную часть северной котловины Байкальского рифта, где наблюдаются чрезвычайно высокие градиенты изменения гравитационного и магнитного полей, совпадение градиентов наблюдаемого и расчетного полей было обеспечено лишь путем включения в верхнюю часть разреза (западная часть Баргузинского горста) высокоплотностного блока. Последнему соответствует толща габбро, непосредственно наблюдаемая на дневной поверхности (Страхов, 1977).

Гравиметрическое моделирование по ряду интерпретационных профилей показало, что гипотеза подъема поверхности Мохоровичича в зоне рифта более чем вероятна. Любые попытки подбора плотностного разреза без использования указанного подъема (вплоть до 38 km) приводили к необходимости малореального чрезвычайно большого относительного уплотнения всей толщи коры под озером, или же существенного уплотнения осадков, которое бы противоречило имеющимся сейсмическим данным.

Черносланцевое месторождение Сухой Лог расположено в пределах крупной региональной структуры — Бодайбинского синклиория, образованного складчатыми позднепротерозойскими толщами значительной мощности (Лаверов и др., 2000). Аномальное гравитационное поле отличается субширотной зональностью: южная часть, в пределах которой располагается локальный Угаханский минимум, характеризуется пониженными значениями поля, северная — относительно повышенными. В области повышенного поля располагается Кропоткинский локальный максимум. Положение плутона в плане фиксируется отрицательной эллипсовидной аномалией амплитудой порядка 6–7 mgal. Для определения глубины залегания его кровли, была использована методика вычисления глубин верхних кромок: средняя величина составила 3–3.2 km ( $\pm 200$  m). Параметры плутона (плотность 2.60 g/cm<sup>3</sup>, площадь 110 km<sup>2</sup>) определены по результатам совместной интерпретации двух принципиально различных по физико-математическим основам методик.

В Колымском регионе, где отсутствуют буровые и сейсморазведочные данные, геологическое картирование масштаба 1:200 000 осуществлено с использованием гравиметрических и магнит-

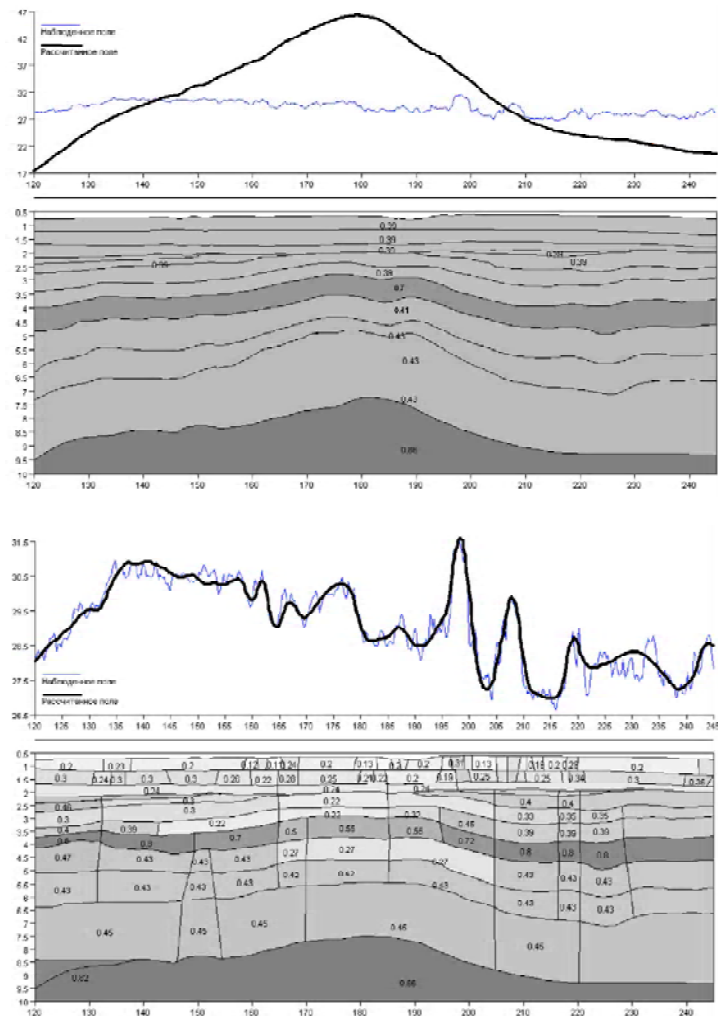
ных материалов. В наблюдаемом гравитационном поле ясно видны все основные элементы строения: Сяпякинский грабен, тектонический шов, разграничивающий участки земной коры разных типов на северо-западе площади, интрузивные проявления и т.п. Конверсия полей позволила с уверенностью установить положение южной границы Сяпякинского грабена и указанного шва: рисунок псевдогравитационного поля полностью совпал с очертанием аномалии наблюдаемого аналога.

Далеко не всегда построение геолого-плотностных моделей приводит к удовлетворительным результатам. Для профиля 25 (Уренгой) в центре Западной Сибири проведено гравитационное моделирование. Результаты трансформаций аномальных геопотенциальных полей ясно указывают на разуплотненный участок в интервале глубин от 1 до 5 km. Создана плотностная модель, на основе разуплотнения в области пересечения профилем Уренгойского месторождения. Существенный подъем восточной ветви графика поля является стороной интенсивного максимума с центром вблизи сверхглубокой скважины СГ-6, располагающейся немного восточнее. В связи с этим был рассчитан вариант модели по профилю 25 с аномальным уплотнением пород палеозойского комплекса в районе СГ-6. По имеющимся сейсмическим построениям и материалам СГ-6 опускание кровли палеозоя в этом районе не оставляет другой возможности согласования параметров разреза с аномалиями гравитационного поля.

При построении моделей литосферы на отрезке профиля АР-1 (Центрально-Баренцовское поднятие) в исследуемую модель были введены, в соответствии с имеющимися геологическими представлениями, магнитоактивные силлообразные объекты, плотностные характеристики которых определялись в процессе гравитационного моделирования, а положение в разрезе определено посредством магнитного моделирования. Был реализован гравиметрический прогноз положения относительно разуплотненных зон, а также положения поверхности Конрада в центральной и северо-восточной частях профиля.

Комплексная интерпретация сейсмических и гравиметрических данных по региональному профилю, пересекающему с запада на восток Верхне-Камскую впадину, Башкирский свод и Юрюзано-Айскую впадину позволила построить непротиворечивую модель на основе переинтерпретации данных сейсморазведки.

Изучение глубинного строения зоны Спитакского землетрясения 1988 г. осуществлялось по двум ортогональным профилям, причем сейсмические наблюдения проводились только по субмеридиональному профилю. На участках этого профиля были вычислены коэффициенты нелинейных статистических связей аномалий силы



тяжести с глубинами отрезков сейсмо-плотностных границ, после чего был реализован прогноз последних на участках отсутствия или неуверенности сейсмических данных, а также на субширотном профиле. На основе перечисленных результатов с использованием имеющейся геологической информации, было проведено гравиметрическое моделирование.

## Литература

- Болдырева, В. А., Н. Д. Кантер, А. А. Чернов. 1990. *Обработка гравиметрических данных при решении задач нефтяной геологии*. Москва, ИГиР-ГИ, 188 с.
- Болдырева, В. А., А. А. Чернов. 2002. Выявление разуплотнений геологического разреза по гравиметрическим данным. — *Геофизика, ЕАГО*, № 6, 48—57.
- Лавров, Н. П., Э. Н. Лишневский, В. В. Дистлер, А. А. Чернов. 2000. Модель рудно-магматической системы золото-платинового месторождения Сухой Лог (Восточная Сибирь, Россия). — *ДАН РАН*, том 375, № 5, 652—656.
- Мушин, И. А., Ю. С. Корольков, А. А. Чернов. 2001.

Интерпретация гравиметрических данных с использованием метода особых точек поля и гравиметрического моделирования в районе сверхглубокой скважины СГ-3 доказала, что симметричный гравитационный максимум с амплитудой около 17 mgal обусловлен аномально высокой плотностью в самой верхней части разреза, вскрытой скважиной.

- Выявление и картирование дизъюнктивных дислокаций методами разведочной геофизики*. Москва, Научный мир, 119 с.
- Страхов, В. Н. 1977. Об эквивалентности в обратной задаче гравиметрии при переменной плотности масс. — *Докл. АН СССР*, 236, № 2, 329—332.
- Boldyreva, V. A., A. A. Chernov. 2003. Mapping of gas-condensate deposits at western Kamchatka by gravity data. — In: *Proceedings of 65<sup>th</sup> EAGE Conference & Exhibition Stavanger Forum*, Sidds Centre Norway, 2003, 2-5 June.
- Tchernov, A. A., A.S. Baluev. 2001. Baikal rift zone investigations by modern gravity data. — In: *63<sup>th</sup> EAGE Conference and Technical Exhibition*, Amsterdam, 2001, 11-15 June.