



Techniques of gravity and magnetic data geological interpretation

Andrei Chernov

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

Key words: geological interpretation, software, gravity&magnetic information, predict

Abstract. Some aspects of modern gravity and magnetic anomalous fields geological interpretation is noted. A thorough system of interpretation (methods and programs), bases on a concordance of service programs system and functional programs. There are a wide range of techniques, large number of programs. They introduce original and apt software, optimally found for calculation devices. The package comprises practically all approaches of gravity and magnetic interpretation. Processing of material is performed with diverse algorithms, dealing to assigned requirements. It adequately reflects the situation of real geology and information security. Software rationally and thriftily utilizes calculation means. Our aim is to reveal observed material in actual aspect. Being successful with traditional tasks in gravity and magnetic information, we set up in practice new approach. We are showing, that potentialities, especially in gravity, are more great, than it

are reckoned. Reconstruction of geological medium on base of structural-statistical relations fills a gap in our knowledge. We attune parameters of programs according by solvable tasks, what may be regarded as enlarged regularization. That is the main line of interpretation advance, promising by perfection and efficiency of magnetic and gravity prospecting. Mathematical construction, composed as enlarged formalization of situation, with amplified circumstantiality. The scheme contains structuring, controlled by regulated parameters. It permits tuning and adapting to situation and tectonic regime, achieving a result of high significance. We solve prospecting problems, so far not overcome by gravimetric method, as well as problems at all inaccessible to any method differing from ours one. With regard to circumstances, designed aim will be obtained either by elaborated calculation construction, or by apt simple schedule.

Методы геологической интерпретации гравитационных и магнитных аномалий

Андрей Чернов

Грави- и магниторазведка применяется для региональных геологических исследований, выявления тектонических блоков, обнаружения и картирования месторождений полезных ископаемых, в том числе, ископаемых УВ.

Гравитационные и магнитные аномалии имеют различное происхождение:

а) изменение рельефа плотностных контактов, приуроченных к границам стратиграфических комплексов, т.е. антиклинальными структурами осадочного чехла;

б) изменение мощности отдельных стратиграфических комплексов, отличающихся по плот-

ностным и магнитным свойствам от вмещающих комплексов (зоны выклинивания);

в) локальные литологические изменения внутри какого-либо комплекса, связанные с изменениями магнитных и плотностных характеристик;

г) плотностные неоднородности внутри одного структурно-литологического комплекса, обусловленные различной пористостью, зонами разуплотнения или уплотнения в сводах антиклинальных структур осадочного чехла;

д) литологические неоднородности верхней части разреза;

е) дизъюнктивные нарушения того или иного порядка;

ж) скопления нефти и газа.

Таким образом, успех или неуспех выявления и картирования изучаемых объектов в значительной мере зависит от возможности разделить, выделить эффекты от объектов исследования и подавить посторонние, мешающие составляющие поля. Решаемыми задачами являются:

1) Тектоническое районирование, определение основных этапов геотектонического развития;

2) Картирование различных нарушений, выделение линеаментов, тектонических зон;

3) Изучение внутреннего строения консолидированной земной коры. Выявление литолого-стратиграфических комплексов, структурных этажей и структурно-фациальных зон;

4) Прогнозирование районов, перспективных в отношении обнаружения залежей ископаемых УВ;

5) Выделение нефтегазоперспективных комплексов и зон возможного нефтегазонакопления;

6) Выявление структурных соотношений между различными нефтегазоперспективными и литолого-стратиграфическими комплексами, основных закономерностей распространения свойств пород коллекторов и флюидоупоров и изменения их свойств;

7) Выделение перспективных зон наличия неантиклинальных ловушек;

8) Выделение крупных антиклинальных ловушек;

9) Определение прогнозных ресурсов (по категориям D_1 и D_2) по выделенным зонам;

10) Выбор районов и установление очередности и способов проведения на них поисковых работ;

11) Выбор основных направлений и первоочередных объектов дальнейших исследований.

Трансформации полей, реализованы на основе метода оптимальной аппроксимации поля, обладающей необходимой степенью гладкости для устойчивого вычисления производных, функций производных, а также других некорректных трансформаций. Переход от дискретного задания к спектральному представлению означает распространение поля на всю область (Березкин, 1988; Бережная и др., 1992; Чернов, 2006). Реализуются следующие преобразования аномальных полей (2D и 3D):

1. Вертикальные и горизонтальные производные 1-го и 2-го порядков на уровне наблюдений и вышележащих;

2. Вычисление полного градиента поля;

3. Полосовая фильтрация;

4. Аналитическое продолжение поля в верхнее и нижнее полупространства;

5. Вычисление аномалий Саксова-Нигарда;

6. Вычисление функции седловидности и ее азимута.

Трансформации геопотенциальных полей в общем случае позволяют решать следующие геологические задачи:

1) Тектоническое районирование, определение основных этапов геотектонического развития;

2) Картирование различных нарушений, выделение линеаментов, тектонических зон;

3) Изучение внутреннего строения консолидированной земной коры. Выявление литолого-стратиграфических комплексов, структурных этажей и структурно-фациальных зон;

4) Прогнозирование районов, перспективных в отношении обнаружения залежей УВ и других полезных ископаемых;

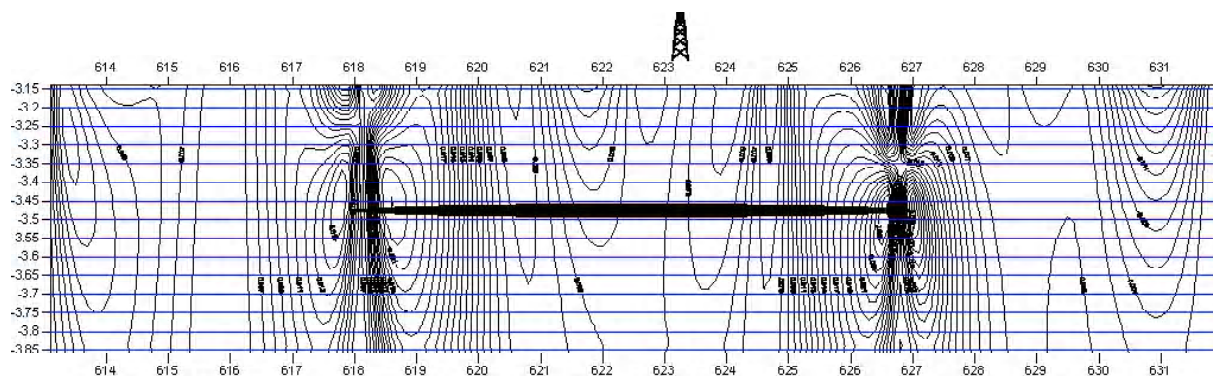
5) Выделение нефте-газо-рудо-перспективных комплексов и зон возможного нефтегазонакопления;

6) Выбор основных направлений и первоочередных объектов дальнейших исследований;

7) Выявление структурных соотношений между различными нефте-газо-рудо-перспективными и литолого-стратиграфическими комплексами, основных закономерностей распространения свойств пород коллекторов и флюидоупоров и изменения их свойств.

Полосовая фильтрация поля предназначена для выделения, усиления определенных частот аномалий, делая видимыми и явными тенденции конфигурации аномалий, не различимые в исходном поле. Аналитическое продолжение в верхнее полупространство, как правило, имеет целью подавление влияния небольших и относительно приповерхностных источников, выявление, очищение эффектов относительно глубоководных крупных аномалообразующих объектов. Аналитическое продолжение в нижнее полупространство, в первую очередь, позволяет оценить глубины нахождения ближайших к дневной поверхности аномалообразующих источников. При этом, может быть получена несколько иная, чем исходная, конфигурация аномального поля, или, как минимум, получена оценка глубины верхней кромки ближайшего к поверхности гравитирующего (намагниченного) тела (по степени распада поля на той или иной глубине). При продолжении поля ниже тех или иных объектов (не представляющих интереса в данном исследовании) применяются различные приемы регуляризации (сглаживания) поля. Фактически, используя ту или иную степень сглаживания поля можно (в определенных, но достаточно широких пределах) получить осмысленную картину поля при очень больших глубинах пересчета. Вычисление различных производных преследует цели выявления и усиления зон повышенной изменчивости, перегибов изоаномал поля, которые чаще всего, отвечают зонам разломов, границам блоков, резким литофизическим изменениям и т.п.

Трансформация „седловидность“ означает расчет вариации кривизны сечения функции



поля в точке по различным азимутам, а азимут „седла“ — ориентации средней кривизны. Будучи показателями определенной упорядоченности мелких деталей поля, ориентированности его микроструктуры, эти трансформации хорошо проявили себя в некоторых случаях при исследовании рудных полей.

Трансформация Саксова-Нигарда заключается в вычислении величины разности средних значений поля на двух окружностях, отнесенной к разности радиусов этих окружностей.

Весьма эффективной является методика конверсии геопотенциальных полей: гравитационного в магнитное или магнитного в гравитационное. При вычислении псевдополей учитываются магнитные характеристики пород и нормальное (планетарное) магнитное поле для данного региона. Конверсия полей зачастую оказывается эффективным средством решения тектонических вопросов, недоступных для других методов исследования. Весьма информативным в геологическом отношении зарекомендовало себя сопоставление псевдополя с натуральным аналогом - измеренным гравитационным или магнитным полем. Схема распределения коэффициентов корреляции полей может прорисовывать блоковую тектонику, позволяет осуществить районирование, распознать наложенные структуры, сделать выводы о генезисе отдельных элементов. Совпадение (или близость) расчетного псевдополя с наблюдаемым аналогом свидетельствует об обусловленности гравитационного и магнитного полей одним и тем же объектом.

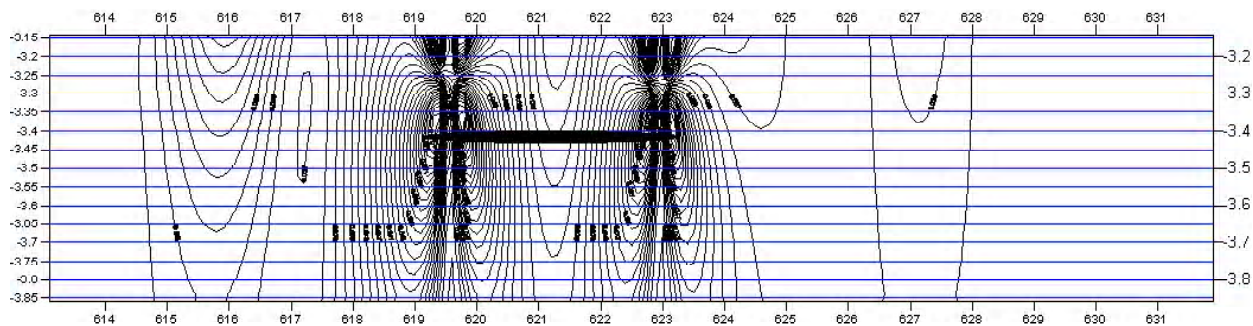
Определение глубин верхних кромок (экспресс-анализ) осуществляется для ближайшего к дневной поверхности грави- или магнитоактивного. Определение искомой величины осуществляется посредством: 1) продолжением в нижнее полупространство, когда вероятное значение глубины выбирается по визуальному анализу продолженных вниз кривых; 2) посредством вычисления значения глубин по ряду простых формул (в основном, модификаций метода касательных).

Методика прогноза на основе нелинейных статистических связей относится к методам прогнозирования, т.е. распространения законо-

мерностей с хорошо изученных % эталонных участков на прогнозные участки, которые можно отнести к тому же типу, что и эталонные. Рассматриваются перекрестные нелинейные связи статистического характера между геофизическим параметром (значения аномальных полей) и поисковым параметром (например % глубиной горизонта). Для их представления используется конечный отрезок ряда Колмогорова-Габора. Настройка и адаптация этого фильтра на эталонных участках, позволяет получать из наблюдаемых величин искомый параметр на разведываемых участках. Данный метод использует связи косвенные, совокупно обусловленные, что имеет следствием высокую эффективность его применения (Болдырева и др., 1990).

Гравиметрическое моделирование, реализующее подбор параметров гравитирующей среды, позволяет во всех случаях получить распределение плотностей в изучаемой среде, тем более достоверное, чем больше используется априорных данных (Болдырева и др., 1990; Boldyreva et al., 2000; Чернов, 2006).

Фундаментальной основой поисков нефти и газа является учение о парагенезисе геофизических, геохимических и биохимических аномалий над скоплениями углеводородов. Залежь углеводородов рассматривается как источник локальных возмущений на фоне нормальных полей. За счет миграции УВ из залежи последняя в течении длительного времени воздействует на вмещающие породы, трансформируя их состав и физические свойства. Наличие эффекта автолокализации и резких горизонтальных градиентов аномалии силы тяжести может быть объяснено тем, что на контактах вода — нефть и газ в результате химических процессов происходит такое изменение состава в околозалежном пространстве, которое приводит к повышению плотности пород (Карус и др., 1988). Последнее вызывает небольшие по горизонтальным размерам аномалии, проявляющиеся в суммарном гравитационном поле в виде резких горизонтальных градиентов над контактами вода — залежь. Наблюдаемый в аномальном гравитационном поле над залежью нефти и газа минимум силы тяжести



ти с резким горизонтальным градиентом на концах является поисковым признаком.

Метод градиента дисперсии функции ПНГ (полный нормированный градиент поля по В. М. Березкину (G_n)) (Березкин, 1988) основан на использовании этой функции для выявления плотностных неоднородностей разреза без привлечения каких-либо сведений о физических свойствах пород (Березкин, 1988; Boldyreva et al., 2000). Преобразование поля в градиент дисперсии приводит к усилению и локализации эффекта от участков наибольшей изменчивости плотности. Такими участками являются области повышенной трещиноватости. Эта изменчивость может быть усилена за счет нефтенасыщенности. Анализ поля G_n включает в себя:

1. Вычисление полного нормированного градиента аномалии силы тяжести на заданных уровнях в плоскости разреза.
2. Вычисление дисперсии на тех же уровнях.
3. Вычисление градиента на тех же уровнях.

Представление исходной функции рядом Фурье и проведение вычисления G_n на основе рядов Фурье связано с выбором оптимальной гармоники разложения. Выбор последней для раз-

ложения исходной функции является одним из основных методических вопросов при использовании метода полного градиента, т.к. от выбора числа гармоник зависит степень частотной фильтрации наблюдаемого гравитационного поля, и соответственно, выделение той или иной составляющей. Обычно для выделения локальных аномалий используется метод подбора, основанный на принципе максимума: при оптимальной гармонике выделяемая аномалия достигает максимальной величины. В.А.Болдыревой для выбора величины оптимальной гармоники применяется прием “настройки” на оптимальную гармонику на эталонном участке. Для настройки должен быть выбран профиль (или ряд профилей), где имеются данные о наличии и отсутствии искомых объектов (разуплотнений). При наличии сведений о нефтеносности объектов могут быть выработаны критерии прогноза нефтеносности. Выбранная таким образом гармоника используется при преобразовании наблюдаемого гравитационного поля в градиент дисперсии G_n на прогнозном участке и по выявленным критериям прогнозируются участки разуплотнений и нефтеносности.

Литература

Березкин, В. М. 1988. *Метод полного нормированного градиента при геофизической разведке*. М., Недра, 188 с.

Бережная, Л. Т., М. А. Телепин, А. А. Чернов. 1992. *Руководство геофизика. Обработка данных гравиразведки и магниторазведки на ПЭВМ*. Изд. НППГ „Нефтегеофизика“, М., 97 с.

Болдырева, В. А., Н. Д. Кантер, А. А. Чернов. 1990. *Обработка гравиметрических данных при решении задач нефтяной геологии*. Москва, ИГиРГИ, 188 с.

Карус, Е. В., О. Н. Кузнецов, М. А. Киричек. 1988. *Прямые поиски залежей нефти и газа по комплек-*

су геофизических и геохимических методов. — В: *Тр. XXX Международного геофизического симпозиума*. “А” — геофизические работы на нефть и газ, 63—72.

Чернов, А. А. 2006. Изучение геологического строения Сибири с использованием гравимагнитных данных. — *Известия высших учебных заведений*, № 1, РГГУ, 53—61.

Boldyreva, V. A., R. Pasteka, A. A. Tchernov. 2000. *Modern Interpretation of Gravity and Magnetic Data*. — In: *Proceeding of Internationales Alpengravimetrie-Kolloquium*. Leoben, Austria, 3—5 May.