

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Міжнародна науково-технічна конференція

Матеріали конференції

РОЗВИТОК ПРОМИСЛОВОСТІ
ТА СУСПІЛЬСТВА

Том 2



Новоселицким В. М., В. Н. Страховым и их соавторами. Но в ОЛЗ гравиметрии для рудной геофизики почти во всех случаях УР не получали. В. Н. Страхов неоднократно отмечал, что ОЛЗГ решается очень трудно, но было бы очень интересно получить методы ее УР, над чем он и работал все последние 40 лет. Поскольку В. И. Старостенко нужно было решать ОЛЗГ для глубинных структурных исследований, то он воспользовался методом регуляризации решения (МРР) по А. Н. Тихонову. Для этого он разработал более практичные способы получения довольно устойчивых решений (УР), в сравнении с получаемыми до него. Но, из-за малой мощности ЭВМ, СИМ тогда могли содержать очень мало блоков – не более двух десятков. Все выше перечисленные методы были профильными и в двухмерном исполнении. Вычисления проводились с обычной точностью – до 7 значащих цифр, так как применение удвоенной точности привело бы к двойному уменьшению количества блоков в модели из-за недостатка оперативной памяти ЭВМ, что означало бы невозможность решения поставленной перед интерпретатором задачи. В нефтяных районах всегда было много скважин и распределение плотности горных пород в пространстве было известно, поэтому особой необходимости в разработке и использовании методов УР ОЛЗГ для структурных районов не было. В рудной геофизике, наоборот, скважин было очень мало. Не все из них достигали кристаллического фундамента, а остальные редко проходили по нему более 10 м. Поэтому материалов для подтверждения РИ почти не было. К 1990 г. А. И. Кобрунов и А. П. Петровский разработали несколько вариантов комплексной интерпретации двух геофизических методов в одном алгоритме, на базе которых намного позже была создана интегральная система комплексной интерпретации геофизических методов. Этими работами было показано, что критерии оптимизации (КО) можно изменять и получать положительные результаты. В таком же русле работали многие исследователи. Из них следует особо выделить Акимову Е. Н., Васина В. В., Анищенко Ю. В., Федченко Т. А., Антонова Ю. В., Бабаянца П. С., Блоха Ю. И., Грайвера А. В., Якимчука Ю. М., Y. Li, D.W. Oldenburg, Bear G.W., H. J. Al-Shukri, and A.J. Rudman, Changli Yao, S. Elieff, S. Ferguson, M. Fedi, G. Moore, D. Saussus and M. Sams, Reid A. B., I. Somerton, S. Campbell, S. Matthew, Urdabayev A. T., Atuov R. K., Wiegmann P. B., Zabrodin A., Zhdanov M. S.

В целом, упомянутыми выше исследователями был пройден путь от формулировки корректной постановки физико-математических задач Ж.Ж. Адамаром – «задача является корректно поставленной, если ее решение существует, оно однозначно и устойчиво», через их конкретизацию в работах П. С. Новикова, И. М. Раппопорта, Л. Н. Сретенского, А. Н. Тихонова, Лаврентьева М. М., Иванова В. К. и др. до более завершенных результатов, полученных Е. Г. Булахом, В. Н. Страховым, Кобруновым А. И., Старостенко В. И., Оганесяном С. М., Петровским А. П., Миненко П. А., Долгалем А. С., Мартышко П. С. и др. Наиболее существенными результатами для рудной гравиметрии были: выход академика В. И. Старостенко на необходимость применения итерационных методов решения ОЗ с его итерационной поправкой, разработка критерия устойчивости решения ОЗ (Миненко П. А.) и предложение новых КО решения ОЗ (Кобрунов А. И., Петровский А. П., Миненко П. А.). Немаловажное значение имел также переход некоторых исследователей до 1990 г. на удвоенную точность вычислений по программам для ЭВМ и компьютеров.

УДК 550.831
МИНЕНКО Р. В.,
магистр, инженер 1-й категории,
ГВУЗ КНУ, НИГРИ
МИНЕНКО П. А.,
д.ф.-м.н., профессор,
ГВУЗ КНУ, КПИ
Мечников Ю. П.,
геолог, ГП «Днепрогеофизика», КГП

РЕШЕНИЕ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ГРАВИМЕТРИИ И МАГНИТОМЕТРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА В. Н. СТРАХОВА НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ

Поиски различных методов решения обратных задач (ОЗ) гравиметрии и магнитометрии, вариантов и методических приемов их применения продолжались непрерывно вплоть до настоящего времени как по направлению рудной, так и структурной геофизики (Маргулис А.С., Цирульский А.В., Новоселицкий В.М., Корчагин И.Н., Булах Е.Г., Долгаль А.С., Мартышко П.С., Журавлев И.А.,

Кобрунов А.И., Исаев В.И., Денисюк Р.П., Петровский А.П. и другие). Особо следует отметить позиции академика В. Н. Страхова, который считал, «что в течение достаточно длинного периода (по крайней мере, в 60-е – 70-е годы) главным в теории линейных некорректных задач было именно доказательство регулярности различных конкретных алгоритмов». Поэтому, поскольку все ОЗ, по его мнению, «изначально некорректны, то необходимо решением СЛАУ особо больших размерностей переводить исходные данные ОЗ в регуляризованные (в некоторых его статьях они называются резольвентными решениями), а затем из них находить решение самой ОЛЗ». Однако прямыми методами закончить решение ОЗ не удавалось. Рассмотрим один из алгоритмов В.Н.Страхова в виде суммы произведений НП $r_{j,n+1}$ на полезный сигнал $g_j + r_{j,n+1}$ для всех точек карты поля, преобразованный авторами в итерационный метод для начальной стадии решения:

$$F_{Rr} = (r_{j,n+1}, g_j + r_{j,n+1}) = 0; \quad F_{Rr} = ((a_{ij}, \sigma_{i,n+1}) - g_j, (a_{ij}, \sigma_{i,n+1})) = 0 \quad (2.1)$$

$$((a_{ij}, \sigma_{i,n} - \tau_{n+1} B_{i,n}) - g_j, (a_{ij}, \sigma_{i,n} - \tau_{n+1} B_{i,n})) = 0; \quad (2.2)$$

$$(\tau_{n+1}(a_{ij}, B_{i,n}), \tau_{n+1}(a_{ij}, B_{i,n})) - \\ - (2\tau_{n+1}(a_{ij}, B_{i,n}), r_{j,n} + g_j/2) + (r_{j,n} + g_j, r_{j,n}) = 0; \quad (2.3)$$

$$(r_{j,n} - \tau_{n+1} Z_j, r_{j,n} - \tau_{n+1} Z_j) = -(r_{j,n} - \tau_{n+1} Z_j, g_j); \quad (2.4)$$

$$(r_{j,n} - \tau_{n+1} Z_j + g_j/2, r_{j,n} - \tau_{n+1} Z_j + g_j/2) = (g_j/2, g_j/2); \quad (2.5)$$

$$\tau_{n+1}^2 (Z_j, Z_j) - 2\tau_{n+1} (Z_j, r_{j,n} + g_j/2) + (r_{j,n} + g_j, r_{j,n}) = 0; \quad (2.6)$$

$$\sigma_{i,n+1} = \sigma_{i,n} - \tau_{n+1} B_{i,n}; \quad r_{j,n+1} = r_{j,n} - \tau_{n+1} Z_j;$$

$$B_{i,n} = (a_{i,j} / \lambda_i^\alpha / \lambda_j^\beta, r_{j,n});$$

$$\tau_{n+1}^2 q_a - 2\tau_{n+1} q_b + q_c = 0; \quad s = q_b^2 - q_a q_c \geq 0;$$

$$\tau_{n+1} = (q_b + \sqrt{q_b^2 - q_a q_c}) / q_a; \quad \tau_{n+1,2} = (q_b - \sqrt{q_b^2 - q_a q_c}) / q_a; \quad (2.6)$$

Метод (2.2) реализован как итерационный для решения линейных ОЗ на теоретических и реальных полях. По карте поля силы тяжести (ПСТ) (рис.2.1,а) решена ОЗ для 6-слойной модели, получены карты аномальной плотности (АП) каждого слоя (на рис.2.1,б – для 1-го слоя) и вертикальные разрезы (ВР) по профилям (на рис.2.1,в – по профилю 10), а также карта остатков поля, представляющих собой невязку поля (НП) в каждой точке, между которыми проведены изолинии ПСТ в миллигаллах (рис.2.1,в). Как видно из ВР, АП с глубиной убывает, что может быть обусловлено недостатками итерационного метода с итерационной поправкой (ИП) В.И.Старостенко для многослойной модели. Продолжим решение методом В2 (рис.2.2,а) и получим решение ОЗ с еще большим перепадом АП между 1-м и 6-м слоями, зато НП уменьшилась с 0.19 до 0.02 мГал, что говорит о правильном направлении продолжения решения ОЗ. Затем решение было продолжено методом RZFG с 3-мя ИП (рис.2.2,б), как аналогом метода R2, и с выравниванием начальных условий (НУ) по АП 3-го слоя, полученной на предыдущем решении, поскольку средняя АП для высокоаномальных тел в разрезе (рис.2.2,а) равна АП 2-го или 3-го слоя. Так как АП в НУ на этом этапе значительно приблизилась к реальной, то на следующих 20 итерациях началось уточнение АП в слоях, о чем свидетельствуют изменения мощностей вертикальных слоев и их АП со смещением отдельных блоков в горизонтальных направлениях. Выполнено также решение ОЗ со вторым значением корня (2.6) для итерационного коэффициента ИК (рис.2.3) с точно таким же повторением тех же операций и получением почти тех же результатов, за исключением того, что АП 1-го слоя точно восстановлена только по форме изолиний (рис.2.3,а), но этого хватило для продолжения

решения (рис.2.3,б) и получения подобного по форме изолиний АП и почти точного по интенсивности АП решения по профилям 10 и 9 (рис.2.3,в,г).

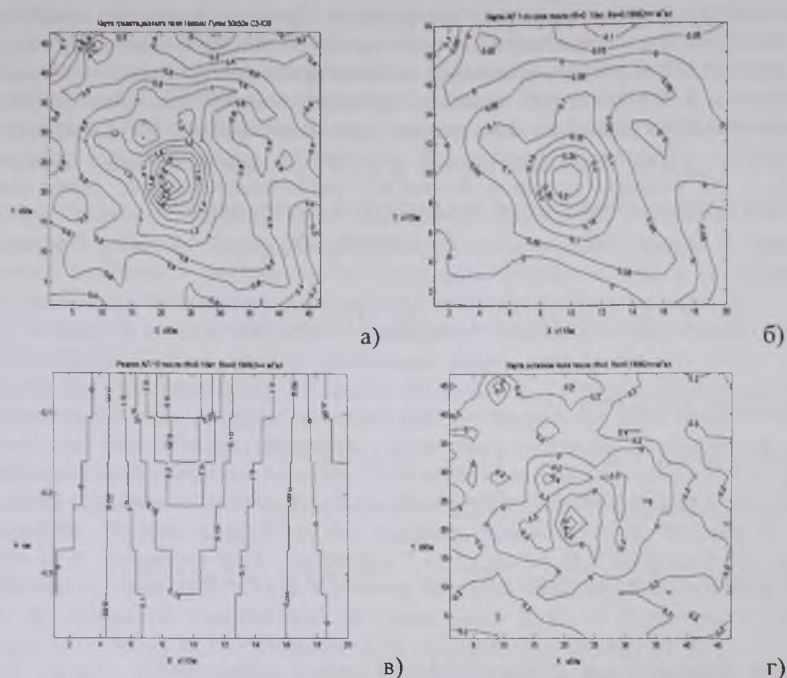


Рис.2.1. Результаты решения ОЗ по реальному полю (РП) участка Николо-Гулак алгоритмом 2.1 при τ_{n+1} : а) карта поля силы тяжести, здесь и далее – в мГал; б) карта АП 1-го слоя; в) вертикальный разрез АП по профилю 10, здесь и далее – в г/см^3 ; г) карта остатков ПСТ, в мГал

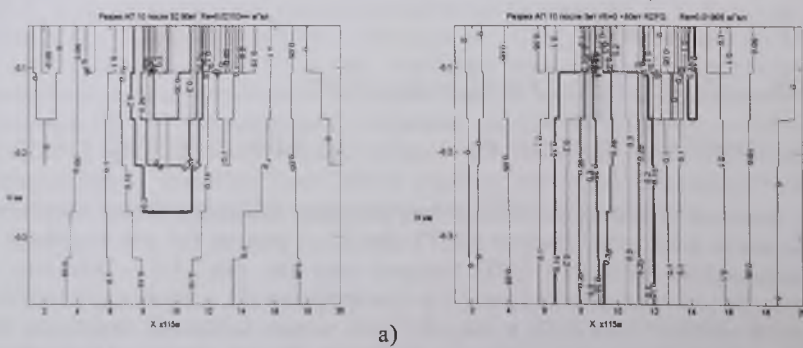
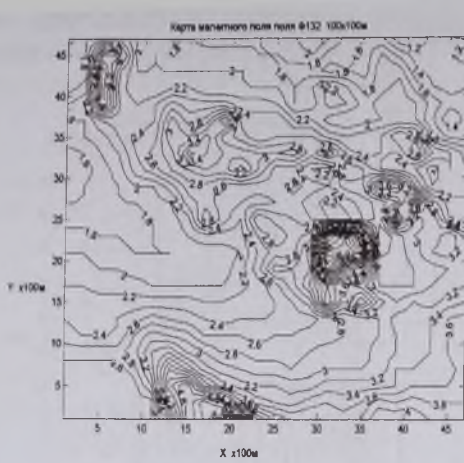


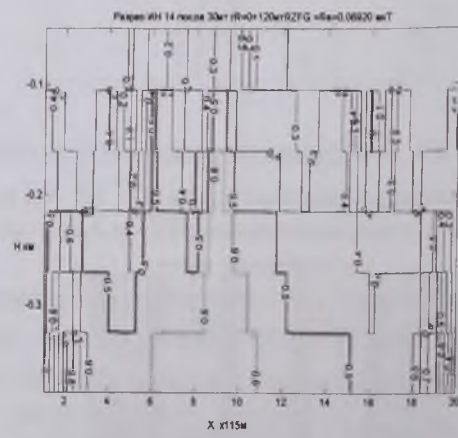
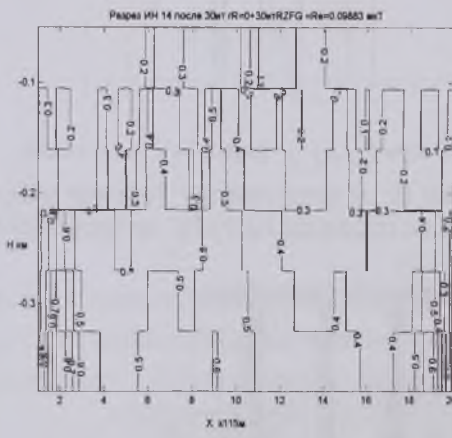
Рис.2.2. Результаты решения ОЗ: а) продолжение решения методом В2: ВР АП по профилю 10; б) продолжение решения методом RZFG с ИП и с выравниванием НУ по 3-му слою: ВР АП

Аналогичные работы с началом решения ОЗ методом (2.1) выполнены по магнитному полю. В начале это было сделано по теоретическому полю (ТП) (рис.2.4,а) на 20 итерациях при убывающей с пульсациями СКНП $Re=2.6-1.5$ мкТ и получено по глубине два участка с различным изменением ИН. Поэтому на 2-м этапе выравнивание НУ по ИН проводилось для 1-3 слоев по ИН 3-го слоя, а для 4-6 слоев – по ИН 4-го слоя (рис.2.4,б). В результате получено по всему разрезу почти точно заданное распределение ИН, равное 1 А/м внутри двух АТ и нулю за их пределами. Окончательное решение получено алгоритмами авторов (рис.2.5-2.7). В настоящей работе текст выполнен Миненко Р.В., а решения ОЗ по реальным полям (рис.2.1-2.3, 2.5-2.) выполнены совместно с соавторами.



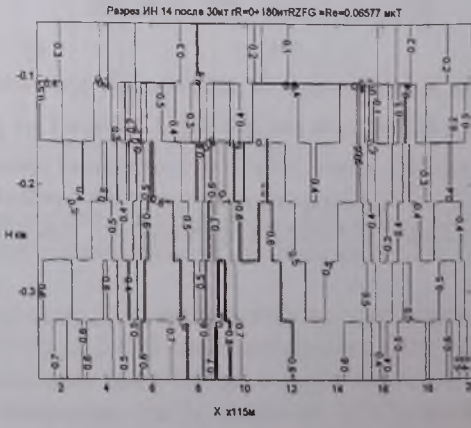
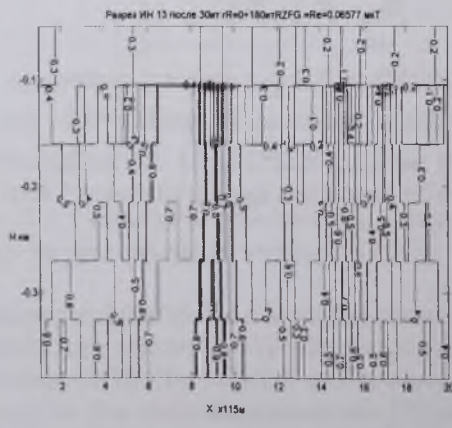
а) б)

Рис.2.5. а) Результаты решения ОЗМ по реальному полю (РП) над двумя 6-слойными призмами с $IN=1$ А/м алгоритмом 2.2 прит n_{i+1} : а) карта МП фрагмента участка Николю-Гулак; б) ВР ИН по профилю 14 при $HУ=0.01$ при НП $Re=0.09883$ мкТ, здесь и далее ИН – в А/м



а) б)

Рис.2.6. а) Продолжение того же решения по профилю 14 методом RZFG с выравниванием $HУ$ для АП 1-3-го слоя по АП 3-го слоя предыдущего решения и 4-6-го слоя по 4-му после 30 итераций при достижении НП $Re=0.09883$ мкТ; б) то же без выравнивания после 120 итераций при достижении НП $Re=0.06920$ мкТ



а) б)

Рис.2.7. Продолжение решения ОЗМ методом RZFG с выравниванием $HУ$ для АП 3-6-го слоя по АП 3-го слоя предыдущего решения после 30 итераций при достижении НП $Re=0.06577$ мкТ: а) по профилю 13; б) то же по профилю 14