

УДК 550.8.05:550.389

«МИКРОЛЕВЕЛИНГ» – СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УВЯЗКИ МАРШРУТНЫХ ДАННЫХ ПЛОЩАДНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СЪЕМОК

А.А. Черных, В.Ю. Глебовский, М.С. Корнева, А.В. Егорова

Аннотация. Предложен и подробно описан вариант технологии «микрорелевелинг», предназначенный для увязки маршрутов площадных геофизических съемок. Основным его предназначением является минимизации систематических погрешностей, возникающих при производстве наблюдений вдоль отдельных маршрутов съемки и создание достоверных цифровых моделей измеряемого параметра. Применение данной технологии обеспечивает минимальную потерю полезной геофизической информации, сохранение тонкой структуры изучаемых полей и получение цифровых моделей, пригодных для картографирования.

Ключевые слова. Микрорелевелинг, обработка геофизических данных, площадные съемки, аномальное магнитное поле.

Abstract. The version of «microlevelling» technology for processing of spatial geophysical surveys is proposed and described in details. It is devoted to minimization of underestimated systematic errors of surveys appeared along it's separate lines. This technology provides minimal loss of useful geophysical information and thus the resulting grids maintain initial details of measured fields and are ready for map producing.

Key words. Microlevelling, geophysical data processing, spatial surveys, magnetic anomaly field.

ВВЕДЕНИЕ. Основными задачами внутренней увязки маршрутных данных площадных геофизических съемок, влияющими на достоверность их интерпретации, являются – приведение результатов измерений к единому уровню относимости и очистка от помех, природа которых не связана с геологическими объектами. При производстве площадных съемок возникают систематические погрешности, искажающие уровни (нулевые) измеряемого параметра поля по отдельным маршрутам. Они могут носить как постоянный, так и более сложный характер – являться константами, или представлять собой тренды различных порядков. Причины подобных погрешностей различны и их недостаточный учет приводит к простым или сложным перекосам отдельных маршрутов съемки. Так, например, при выполнении аэрогеофизических работ в «эру, предшествующую спутниковой навигации», значительный вклад в формирование погрешностей съемки вносили ошибки позиционирования – привязки пунктов измерения. При магнитометрических наблюдениях к ним добавились ошибки в учете вариаций магнитного поля Земли, девиации, смещении отсчетного уровня прибора, изменения высоты полета др.

Выявить и наглядно отобразить систематические погрешности, если они не были полностью устранены в ходе внутренней увязки съемки, стало возможным при использовании современных средств компьютерной обработки и последующего картографирования геофизических данных на площади исследований. Наиболее широкое распространение среди таких средств обработки в настоящее время получило программное обеспечение (ПО) Oasis Montaj компании Geosoft [13]. В основе этого ПО заложен пересчет результатов маршрутных измерений изучаемого параметра в трехмерную цифровую модель (матрицу, грид – от англ. grid – сетка)

с постоянным размером ячейки. Наличие подобной модели существенно облегчает построение детальных карт изолиний или цветных псевдорельефных карт (color shaded relief maps). Систематические погрешности в отсчетном уровне измеренных данных на этих картах отчетливо проявляются в виде линейных «затяжек», вытянутых вдоль маршрутов съемки. Проблеме исключения таких «затяжек» посвящена настоящая работа.

Описанная проблема частично решается на этапе внутренней увязки геофизических данных за счет минимизации разностных значений (невязок) измеренного параметра в точках пересечения сетей рядовых и опорных маршрутов, перекрывающих площадку съемки. Такая технология увязки была внедрена в СССР и прописана в инструктивной и справочной литературе по выполнению геофизических исследований (магнито-, грави-, электрометрических и др.). Содержащиеся в этой литературе сведения не потеряли своего значения и в настоящее время. Так, например, в справочнике [2] приводится информация о распределении погрешностей на площади корректно увязанной магнитной съемки, отработанной по равномерной сети рядовых и опорных маршрутов (рис.1). В связи с закономерным характером этого распределения в инструкции [1] регламентировано, что определение средней квадратической погрешности (СКП) съемки после ее увязки должно проводиться с помощью диагональных секущих, а не опорных маршрутов. В противном случае ее величина окажется некорректной. Приведенные сведения объясняют также причины сохранения систематических ошибок в итоговых геофизических материалах, созданных в нашей стране в предшествующие годы – вплоть до начала 90-х годов XX века. Подобные материалы дошли до нас преимущественно в аналоговом виде – в виде карт

графиков изучаемого параметра поля, увязанных по точкам пересечения рядовых и опорных маршрутов. Содержащиеся в них ошибки существенно возросли в тех районах, где по объективным причинам создание равномерной сети опорных маршрутов или специальных опорных сетей было невозможным.

В связи с преобладанием количества подобных ретроспективных материалов геофизических съемок над количеством современных цифровых данных, решение проблемы их повторной увязки (или доувязки) остается актуальным и в настоящее время.

Для решения данной проблемы, с наступлением эпохи компьютеризации, были разработаны приемы обработки данных, позволяющие в той или иной мере минимизировать обсуждаемые погрешности. Одни из них использовали искусственные «псевдо-секущие» опорные маршруты или результаты осреднения графиков на отрезках соседних маршрутов; другие – статистические подходы, связанные с построением гистограмм, медиан и т.д. Перечисленные способы оказались достаточно трудоемкими, не могли быть унифицированы, а их результаты были труднопроизводимы. Они не гарантировали исключения погрешностей съемки, связанных с изменением нулевого отсчетного уровня отдельных маршрутов [2].

За рубежом к настоящему времени разработаны компьютерные технологии увязки площадных геофизических данных, получившие обобщенное название «microlevelling» («микрорелевелинг» или «микровыравнивание») [12]. Их основное предназначение заключается в удалении низкочастотных ошибок – затяжек по маршрутам съемок, оставшихся после их выравнивания по опорным маршрутам. Помимо этого, они могут использоваться в качестве основного средства увязки площадных съемок при недостаточном количестве или полном отсутствии секущих опорных маршрутов. Данная технология стала особенно востребованной в связи с увеличением разрешающей способности геофизических исследований и возросшими требованиями по выделению тонкой структуры геофизических полей. Методы частотной фильтрации маршрутных данных в данном случае оказались неприемлемыми, поскольку наряду с помехой они могут удалять полезный сигнал от геологических объектов. Технология «микрорелевелинг» использует фильтрацию в новом качестве – фильтруются «складки» в региональном уровне съемки, возникшие после пересчета маршрутных данных в цифровую модель (грид), подобно тому, как описано в работе [12]. В обобщенном виде данная технология включает следующие операции: гридирование исходных маршрутных данных, низкочастотная фильтрация полученного грида, корректировка исходных данных с использованием результатов фильтрации. Эти операции носят итерационный характер. Они нацелены на постепенное сглаживание «складок» в региональном уровне вдоль маршрутов площадных съемок при сохранении детальной структуры изучаемого поля. Основные отличия реализаций технологии «микрорелевелинг», приведенные при ее

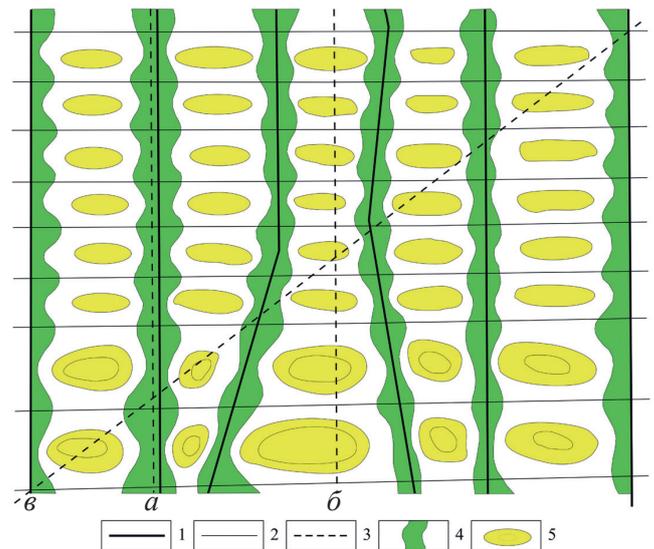


Рис. 1.

Схема распределения погрешностей на площади карты изолиний при внутренней увязке по опорной сети ([2], с изменениями).

Условные обозначения:

- 1 – опорные маршруты (ОМ);
- 2 – рядовые маршруты;
- 3 – секущие маршруты:
 - а - выполненный вдоль ОМ,
 - б – в промежутке между ОМ,
 - в – диагональный;
- 4 – области минимальных погрешностей;
- 5 – области наибольших погрешностей.

использовании, применительно к разнообразным геофизическим (гравиметрическим [8], магнитометрическим [15], радиометрическим [9, 11] и др.), а также спутниковым альтиметрическим, топографическим и батиметрическим данным, связаны с выбором метода и параметров их фильтрации после пересчета в цифровые модели [3, 10 и др.]. В настоящей статье подробно рассмотрен наиболее универсальный, с точки зрения авторов, вариант данной технологии. Он был предложен сотрудниками компании «Getech» (г. Лидс, Великобритания) и успешно зарекомендовал себя вначале при увязке и картографировании спутниковых гравиметрических данных [5, 8], а позднее – при увязке результатов других площадных геолого-геофизических исследований [4, 15 и др.].

Описание технологии «микрорелевелинг»

Рассмотрим последовательность увязки по технологии «микрорелевелинг» на примере аэромагнитной съемки масштаба 1:200 000, проведенной в 1979 году в западной части моря Лаптевых (рис. 2, а). Ее результаты дошли до нас в виде аналоговой карты графиков АМП (ΔT), составленной А. М. Малявкиным с коллегами. При построении данной карты авторами были учтены аппаратные погрешности съемки, введены поправки за девиацию, изменение высоты полетов, а также за вариации магнитного поля Земли (МПЗ). В дальнейшем результаты измерений были приведены к единому отсчетному уровню путем традиционной увязки рядовых и опорных маршрутов по невязкам в точках их пересечения.

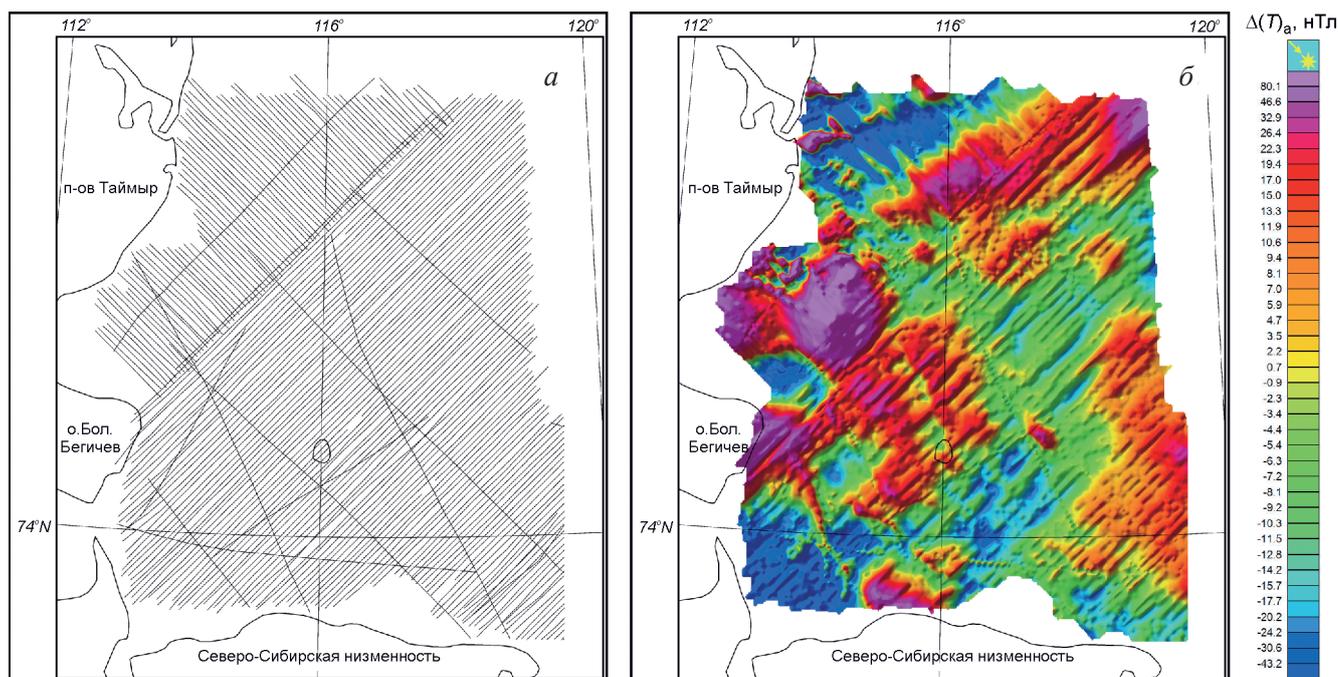


Рис. 2.

Аэромагнитная съемка в западной части моря Лаптевых:
а – плановое положение маршрутов съемки;
б – исходная цифровая модель АМП (ЦМ_0), построенная по данным оцифрованным с карты графиков.

Тем не менее, результаты проведенной авторами работы оказались неудовлетворительными. При пересчете предварительно оцифрованной с карты графиков информации в цифровую модель были выявлены существенные изменения в отсчетном уровне АМП вдоль рядовых маршрутов (рис. 2, б). Сказались ошибки связанные с методикой полевых исследований (проведены с перерывом во времени на двух участках с разным направлением рядовых маршрутов и с малым количеством опорных маршрутов), с недостаточно корректным учетом вариаций МПЗ, а также с несовершенством самого метода увязки результатов данной съемки по точкам пересечения маршрутов.

Основными этапами дополнительной увязки результатов рассматриваемой съемки по технологии «микрорелевинг» с использованием ПО Oasis Montaj [13] являлись нижеследующие:

1. Создание исходной цифровой модели АМП (ЦМ_0) путем гридирования предварительно оцифрованных маршрутных данных с карты графиков (ΔT)_а. В ПО Oasis Montaj информация по площадным съемкам переводится в формат базы данных. В ней маршруты представлены «страницами», состоящими из пунктов наблюдений – «строк», которым могут быть приписаны различные значения – «колонки». Гридирование исходной информации, представленной в колонке «Т_0» осуществляется по методу «минимума кривизны поверхности» [14]. Размер ячейки грида для съемки в море Лаптевых составил 500x500 м (среднее межмаршрутное расстояние ~ 2 км). На полученной цифровой модели отчетливо проявились аномалии-затяжки («складки»), вытянутые вдоль отдельных маршрутов (рис. 2, б).

2. Сглаживание ЦМ_0 с помощью низкочастотного фильтра Баттеруорта (Butterworth Filter). Его основным параметром является длина волны среза L (cut-off wavelength). Этот параметр на данном этапе увязки определяется путем экспериментального подбора. При оптимальном значении L «складки» вдоль маршрутов исчезают, однако не происходит излишнего сглаживания исходной матрицы ЦМ_0. Применительно к рассматриваемой съемке оптимальная L фильтра определялась в интервале 13-40 км и была выбрана равной 32 км (см. рис. 3, а – 3, в). Ее подбор осуществлялся в два этапа, вначале грубо – при изменении величины L с интервалом 5 км, затем точнее – с интервалом в 1 км. Сглаженная цифровая модель (ЦМ_32), представлена на рис. 3, в.

Суть последующих трех этапов увязки заключается во введении поправок в исходные маршрутные данные T_0 , что проиллюстрировано на примере двух рядовых профилей А–А₁ и Б–Б₁ (рис. 5), расположенных в центральной части рассматриваемой съемки (см. рис. 4).

3. Извлечение во все точки наблюдений маршрутов значений поля из сглаженной ЦМ_32 – формирование новой колонки «L_32» (рис. 5, графики №4).

4. Вычитание из исходных значений T_0 вдоль каждого съемочного маршрута значений поля в колонке «L_32» – получение новой колонки «dT_32» (рис. 5, графики №5).

5. Сглаживание значений колонки «dT_32» с помощью одномерного низкочастотного фильтра Баттеруорта [13] с длиной волны среза L вдвое большей, чем была выбрана на втором этапе увязки. Применительно к рассматриваемой съемке, удвоен-

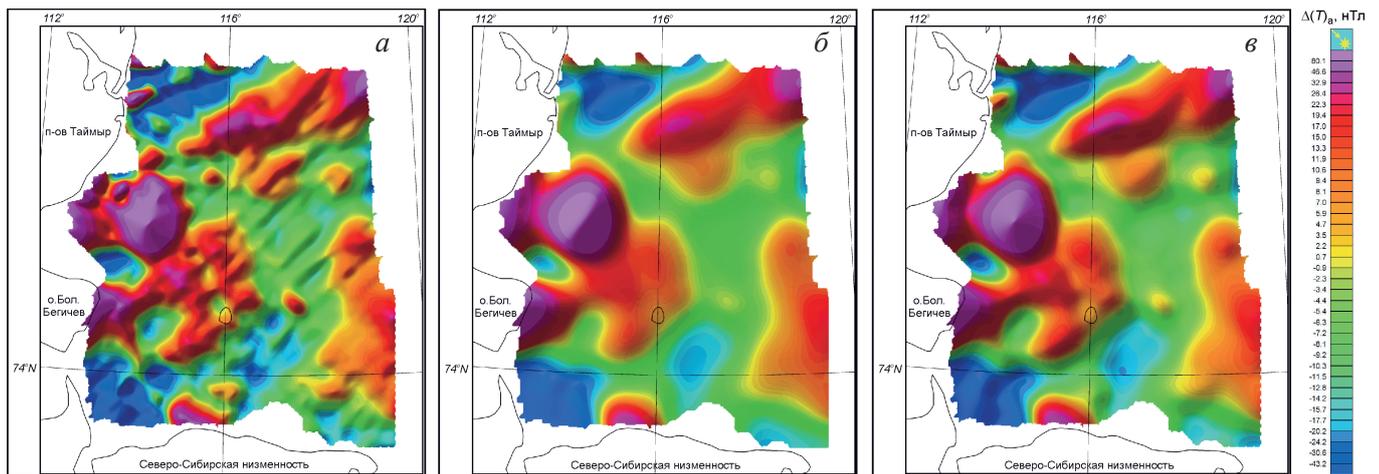


Рис. 3.

Экспериментальный подбор длины волны среза низкочастотного фильтра (L):

a – $L = 13$ км (меньше оптимальной); b – $L = 40$ км (больше оптимальной); v – $L = 32$ км (оптимальная).

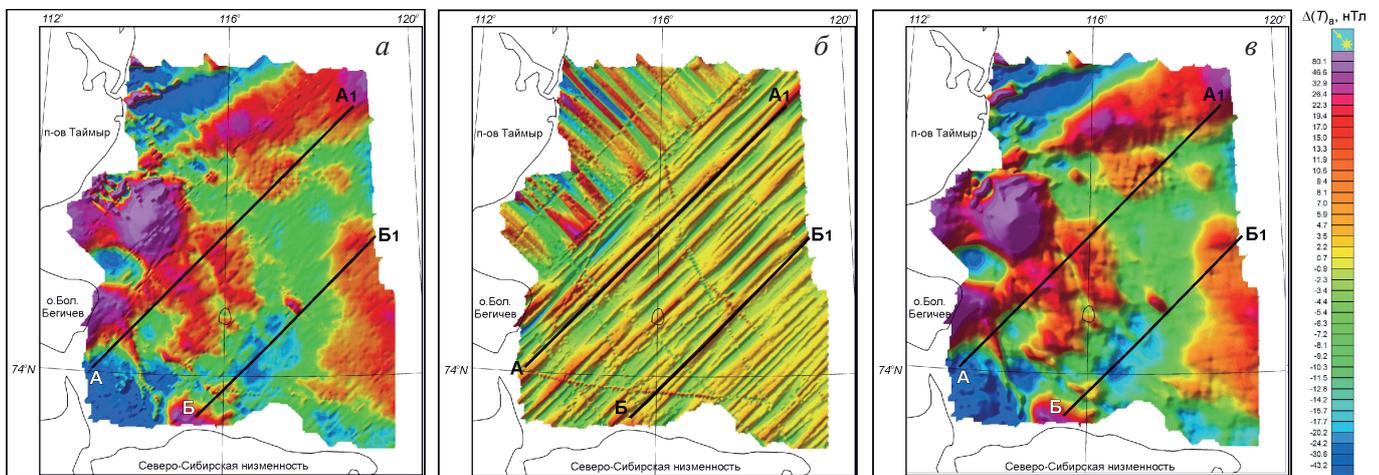


Рис. 4.

Результаты увязки аэромагнитной съемки в западной части моря Лаптевых по технологии «микрорелевинг»:

a – результат первой итерации (ЦМ_1); b – разность между ЦМ_0 и ЦМ_1;

v – финальная третья итерация при $L = 8$ км (ЦМ_3);

A–A1 и B–B1 – маршруты, выбранные для иллюстрации результатов увязки (см. рис. 5).

ная величина L составила 64 км. Полученные данные помещаются в новую колонку «dT_64» (рис. 5, графики №6).

6. Вычитание из исходных значений T_0 результатов фильтрации, записанных в колонке «dT_64» – формирование новой колонки данных «T_1» (рис. 5, графики №2).

7. Создание новой цифровой модели АМП – ЦМ_1 путем гридирования значений поля из колонки «T_1» (рис. 4, a). Данная модель является результатом первой итерации процесса увязки рассматриваемых данных по технологии «микрорелевинг».

Последующие этапы увязки осуществляются после детального анализа полученной модели. Этот анализ состоит в расчете и внимательном изучении разностного грида (ЦМ_0 минус ЦМ_1), после наложения на него линий маршрутов съемки (рис. 4, b). При рассмотрении разностного грида необходимо убедиться, что в процессе проведенной увязки были исключены лишь «затяжки» вдоль маршрутов съемки, но не полезный сигнал. В противном случае, процедура обработки данных повторяется, начиная

со второго этапа, и заключается в более тщательном подборе параметров двухмерного фильтра.

Помимо этого, необходимо убедиться в том, что выбранный одномерный фильтр сработал корректно на всех маршрутах съемки – т.е. провести сравнение исходных данных с данными, извлеченными из модели ЦМ_1 (рис. 5, графики №1 и 2). При таком сравнении особое внимание следует уделять участкам маршрутов с интенсивными локальными аномалиями обоюдо знака – здесь в результате двух- и одномерной фильтрации может происходить изменение уровня аномалий в сторону, противоположную их знаку. При обнаружении подобных искажений следует вернуться к этапу №5, откорректировать параметры фильтра вдоль всего маршрута, либо проделать это вручную лишь на проблемном участке – например, произвести замену деформированных значений поля на значения поля, полученные на предшествующем этапе увязки.

Если результаты первой итерации увязки признаются удовлетворительными, то последующие итерации выполняются в вышеописанной последо-

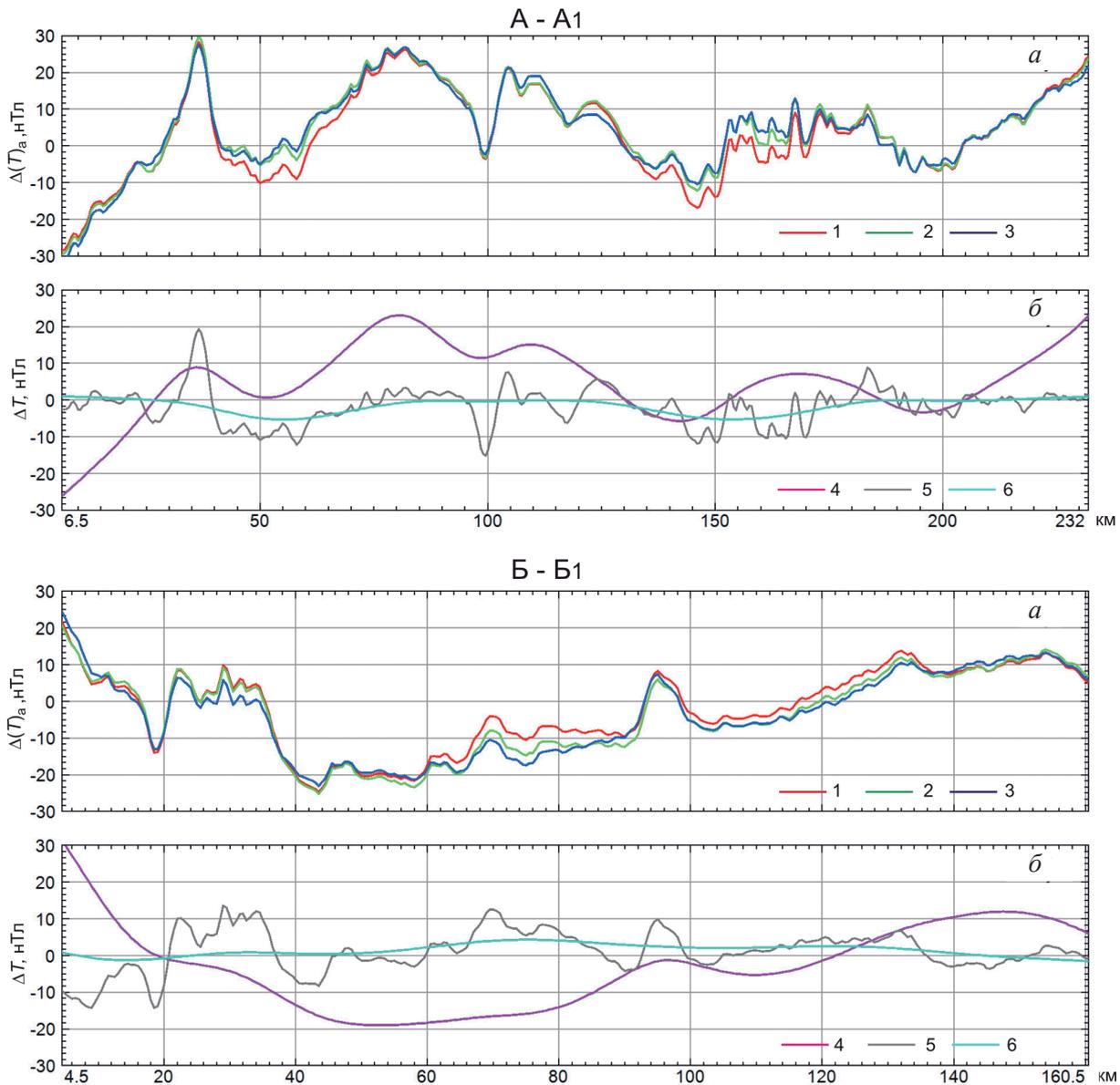


Рис. 5.

Результаты процесса увязки по технологии «микрорелевинг» на примере рядовых маршрутов А-А1 и Б-Б1 (см. рис. 4).
 а – графики $\Delta(T)а$, на разных этапах увязки: 1 – исходные, 2 – после первой итерации, 3 – финальные;
 б – графики ΔT , иллюстрирующие промежуточный этап увязки (первая итерация):
 4 – извлеченные из отфильтрованного града исходных данных с $L = 32$ км (колонка базы данных «L_32»),
 5 – разность между отфильтрованными и исходными данными (колонка «dT_32»),
 6 – отфильтрованная разность с $L = 64$ км (колонка «dT_64»).

вательности, начиная со второго этапа, но каждый раз с уменьшением длины волны среза фильтра L приблизительно в два раза. Применительно к геофизическим данным, по опыту авторов, двух-трех итераций оказывается достаточно для существенного уменьшения систематических погрешностей в отсчетном уровне маршрутов площадной съемки. Бесконтрольное увеличение количества итераций с последовательным уменьшением длины фильтра L повышает риск искажения полезного сигнала, связанного со средне- и коротковолновыми аномалиями геологической природы, обусловленными источниками в верхней части земной коры. При увязке рассматриваемой аэромагнитной съемки в море Лаптевых оптимальное сглаживание исходных дан-

ных было достигнуто в результате трех последовательных циклов фильтрации с длинами L фильтра, составившими 32, 16 и 8 км. Финальная цифровая модель АМП (ЦМ_3) района исследований представлена на рис. 4, в.

Комментарии к технологии «микрорелевинг»

Основными преимуществами описанного варианта технологии «микрорелевинг» по сравнению с разработанными ранее традиционными методами увязки площадных геофизических данных являются нижеследующие:

- сохранение в итоговых цифровых моделях тонкой структуры увязываемых геофизических полей (см. графики №1 и 3 на рис. 5), что позволяет выяв-

лять и проследить слабоаномальные геологические объекты, в том числе, структуры, перспективные на поиски углеводородов [5, 6, 7].

- возможность успешного использования при увязке не только магнитометрических, но и гравиметрических, радиометрических, электрометрических, альтиметрических и батиметрических маршрутных данных, полученных по результатам различных видов площадных съемок – наземных, авиационных, морских набортных и спутниковых.

- возможность увязки съемок, выполненных не только по регулярной, но и неравномерной сети рядовых и опорных маршрутов и даже при полном отсутствии опорных маршрутов;

- возможность выполнения внешней увязки разных съемок, предварительно приведенных к единому уровню и объединенных в единую базу маршрутных данных;

- простота, оперативность, а также наглядность и полная воспроизводимость результатов, полученных на всех этапах увязки, при использовании аналогичного ПО и при наличии сведений об использованных параметрах фильтров.

Увязка осуществляется путем последовательного исключения из исходных данных длинно-, средне- и коротковолновых помех, а ее результаты контролируются на каждом этапе обработки – как на уровне гридов, так и графиков изучаемого параметра вдоль маршрутов. Контроль качества увязки может осуществляться путем сравнения исходной СКП съемки с ее значениями для цифровой модели, полученной в конце каждой итерации, а также с максимальными величинами внесенных поправок, с точностными характеристиками аппаратуры, использовавшейся в ходе съемки и т.п.

Для успешного выполнения увязки данных по технологии «микрорелевлинг», по опыту авторов, должны быть соблюдены следующие условия.

Обычно она применяется уже после очистки исходных данных от случайных выбросов и систематических ошибок, выявленных на этапе их первичной обработки. В результаты наблюдений должны быть внесены все поправки, связанные с методическим и аппаратным обеспечением съемки (навигационные, за сползание нуля-пункта измерительного прибора, за изменение высоты наблюдений, за вариации МПЗ и др.). Исходные данные должны быть также максимально корректно приведены к единому отсчетному уровню. Следует выполнить предварительную оценку сходимости результатов съемки

(например, традиционным способом – путем расчета невязок в точках пересечения маршрутов [1, 2, 13]), чтобы выявить маршруты или их группы с отсчетным уровнем существенно отличным от общего уровня съемки. Уровень таких маршрутов, хотя бы грубо, должен быть откорректирован, путем введения поправок – констант или линейных трендов, еще до начала увязки по технологии «микрорелевлинг».

При использовании данной технологии следует принимать во внимание, что при увязке сети рядовых маршрутов, ориентация которых совпадает с простиранием реальных геологических объектов, аномалии от этих объектов могут быть искажены или даже утеряны. Это особенно вероятно, если линейные размеры таких (крупных) аномалий совпадают, либо больше длины волны волны среза фильтра, используемого при сглаживании грида исходных данных. Это же обстоятельство следует учитывать и при увязке данных в областях со сложным геологическим строением. Существенную помощь в данных случаях может оказать анализ структуры АМП вдоль опорных и секущих маршрутов.

В заключение отметим, что приведенный вариант технологии «микрорелевлинг» особенно востребован при увязке результатов ретроспективных геофизических съемок. Именно с такими материалами, в большинстве числе случаев, связана работа по составлению сводных геофизических карт различного масштаба на территории и акватории нашей страны, а также по формированию геофизических основ к листам Государственных геологических карт масштабов 1: 1 000 000 и 1: 200 000. Авторы используют и совершенствуют описанную технологию, начиная с 2007 года. За прошедшее время с её использованием был заново обработан значительный объем ретроспективных и современных геофизических материалов. Рассматриваемая технология прошла экспертную оценку на Геофизической секции научно-редакционного совета Роснедра при ФГУП «ВСЕГЕИ», была одобрена и в настоящее время, помимо ФГУП «ВНИИОкеангеология», широко используется в ряде российских организаций. —

Благодарности

Авторы выражают благодарность сотрудникам британской компании «Getech» и лично профессору Дж. Д. Файрхеду за успешное сотрудничество в освоении описанной технологии, а также одному из основных ее разработчиков – К.М. Грину.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глебовский Ю.С., Никитский В.Е. (ред.). Инструкция по магниторазведке. Наземная магнитная съемка. Аэромагнитная съемка. Гидромагнитная съемка // Л., Недра, 1981, 263 с.
2. Никитский В. Е., Глебовский Ю.С. (ред.). Магниторазведка: Справочник геофизика. 2-е изд. // М, Недра, 1990, 470 с.
3. Eirik Mawring and Ola Kihle. Leveling aerogeophysical data using a moving differential median filter // *Geophysics*, 2006, v. 71, p. L5-L11. doi: 10.1190/1.2163912
4. Fairhead J.D. Advances in gravity and magnetic processing and interpretation// *EAGE*, 2015, pp 380 (in press).
5. Fairhead, J. D., Green, C. M., Dickson, W.G. Oil exploration from space: fewer places to hide // *First Break*, 2001, 19.9, pp. 514-519.
6. Fairhead J.D., Green C.M., Fletcher K.M.U. Hydrocarbon screening of the deep continental margins using non-seismic methods // *First Break*, 2004, 22, pp.59-64.
7. Fairhead, J.D., Green C.M., Odegard M. Satellite-derived gravity having an impact on marine exploration // *Leading Edge*, 2001, 20, pp.873-876. doi: 10.1190/1.1487298

8. Fairhead J.D., Williams S.E., Fletcher K.M.U., Green C.M., Vincent K. Trident – A new satellite gravity model for the oceans // 71st European Association of Geoscientists and Engineers Conference and Exhibition 2009: Balancing Global Resources. Incorporating SPE EUROPEC 2009, 2, pp. 853–857.

9. Guidelines for Radioelement Mapping Using Gamma Ray Spectrometry Data (Iaea Tecdoc Series). Publisher: Intl Atomic Energy Agency, 2003, ISBN 10: 9201083033 ISBN 13: 9789201083036 173 p. doi: 10.1111/1365–2478.12198

10. Luyendyk, A.P.J. Processing of Airborne Magnetic Data // AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, 1997, 17, 31–38.

11. Minty, B.R.S. Accurate noise reduction for airborne gamma-ray spectrometry // Exploration Geophysics, 2003, 34 (3), 207–215.

12. Minty B.R.S. Simple micro-levelling for aeromagnetic data. // Exploration Geophysics, 1991, 22, pp. 591–592.

13. Montaj Geophysics Levelling System. Tutorial and User Guide, 2010, p.70.

14. Smith W.H.F. & Wessel P. Gridding with continuous curvature splines in tension // Geophysics, 1990, v.55, N3, pp. 293–305.

15. White J.C. and Beamish D. Levelling aeromagnetic survey data without the need for tie-lines // Geophysical Prospecting, 2015, v.63, Issue 2, pp. 451–460.

РЕЦЕНЗЕНТЫ – доктор физико-математических наук Ю.И. Блох,
доктор физико-математических наук А.А. Бульчев

ОБ АВТОРАХ



ЧЕРНЫХ
Андрей Алексеевич

В 2000 г. окончил Санкт-Петербургский Государственный университет по специальности геология морей и океанов. Зам. директора ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга», доцент кафедры геофизики Санкт-Петербургского Государственного университета, кандидат геолого-минералогических наук. Область научных интересов: геология, тектоника, геодинамика Арктики; комплексная интерпретация геолого-геофизических данных. Автор и соавтор 50 публикаций, а также комплектов карт геофизических основ к Государственным геологическим картам масштабов 1:200 000 и 1:1 000 000.



ГЛЕБОВСКИЙ
Владимир Юрьевич

В 1970 г. окончил Ленинградский Горный институт по специальности геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Заведующий отделом ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга», кандидат геолого-минералогических наук. Область научных интересов: создание цифровых баз данных потенциальных полей, комплексная интерпретация геолого-геофизических данных. Автор и соавтор около 120 публикаций, а также сводных геологических карт и карт потенциальных полей Арктики.



КОРНЕВА
Мария Сергеевна

В 1987 г. окончила математико-механический факультет Ленинградского государственного университета по специальности «Высшая алгебра и теория чисел». Ведущий инженер ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга». Область научных интересов: программирование; создание баз данных потенциальных полей; обработка, увязка и картографирование результатов площадных геофизических исследований. Автор и соавтор 30 публикаций.



ЕГОРОВА
Алёна Валерьевна

В 2012 г. окончила Санкт-Петербургский НМСУ «ГОРНЫЙ» по специальности «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых». Ведущий инженер ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга». Область научных интересов: ГИС технологии, обработка и комплексная интерпретация геолого-геофизических данных. Автор и соавтор 2 публикаций, а также комплектов карт геофизических основ к Государственным геологическим картам масштабов 1:1 000 000.