

УДК 550.3 (092)

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГРАВИТАЦИОННЫХ ДАННЫХ В ИНСТИТУТЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ АН СССР

А. В. КОЗЕНКО

*Институт физики Земли им.
О. Ю. Шмидта РАН, г. Москва,
Россия*

АННОТАЦИЯ Сделана попытка реконструкции развития теории интерпретации гравитационных данных в Институте теоретической геофизики АН СССР, используя архивные мате-

риалы из Архива Российской академии наук в Москве. Детально обсуждаются основные работы в области теории интерпретации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гравиметрия, теория интерпретации, гравитационная аномалия, возмущающая масса.

В Москве в 20-е – начале 30-х годов прошлого века геофизические исследования проводились в Институте физики и биофизики АН СССР под руководством академика П. П. Лазарева. После расформирования этого института в Институт географии АН СССР, его сотрудники, работавшие в области геофизики, были переведены в группу академика О. Ю. Шмидта.

В 1937 г. по предложению О. Ю. Шмидта и под его руководством был организован Институт теоретической геофизики АН СССР (ИТГ) (Распоряжение Совнаркома от 27/І.1937 г. за № 503-34 и Постановление Президиума АН об организации института от 16/VIII.1937 г.). Институт получил здание, расположенное по адресу ул. Пятницкая, 48, недалеко от Сейсмологического института АН СССР, три года назад переведенного из Ленинграда в Москву [Глико, Козенко, 2003].

Несмотря на то, что в структуре ИТГ не было специального отдела гравиметрии, исследованиям гравитационного поля Земли в нем уделялось значительное внимание, особенно после организации отдела физических методов разведки полезных ископаемых под руководством Г. А. Гамбурцева.

Будучи крупнейшим сейсмологом, впоследствии ставший академиком и директором Геофизического института АН СССР, Г. А. Гамбурцев внес большой вклад и в гравиметрию. В 1923 г. еще студентом IV курса МГУ он принимал участие в работе гравиметрического отряда в районе Курской магнитной аномалии (КМА). Им были выведены соотношения для графического вычисления первых и вторых производных силы тяжести для случаев бесконечно длинного цилиндра произвольной формы и бесконечно длинной призмы, имеющей в сечении n -угольник.



Г. А. Гамбурцев

Приняв предложенную А. Д. Архангельским модель аномалеобразующей массы КМА и учитывая данные гравиметрических измерений отрядов А. А. Михайлова и П. М. Никифорова, Г. А. Гамбурцев заключил, что открытые бурением залежи железных кварцитов могут вызывать выявленные гравитационные аномалии. На этом примере Г. А. Гамбурцевым была доказана правомерность различных модельных представлений при решении обратных задач.

В 1930 г. Г. А. Гамбурцевым был предложен способ подсчета избытка/дефекта подземных масс на примере тестовых измерений вариометром Швейдара на льду Шувальского озера под Ленинградом [Гамбурцев, 1930б]. Этим способом при некоторых допущениях по грави-

метрическим данным можно было оценивать размеры возмущающей массы. Так, им было показано [Гамбурцев, 1930а, г], что в случае аппроксимации возмущающей массы цилиндром можно вычислить площадь его поперечного сечения, если известна аномалия плотности. Г.А. Гамбурцевым впервые были разработаны методы комплексной интерпретации сейсмических, грави- и магнитометрических измерений. Они были применены при определении железорудного месторождения в Коробковском районе КМА [Гамбурцев, 1930в].

Еще в конце 1920-х годов Г.А. Гамбурцев, по просьбе П. П. Лазарева, занимался моделированием процесса интерпретации. Ему удалось построить механический аналоговый прибор для проведения вычислений при интерпретации гравиметрических данных. С помощью так называемых механических интеграторов Г.А. Гамбурцева можно было быстро вычислять криволинейные интегралы, которыми выражаются первые и вторые производные гравитационного и магнитного потенциалов. Они нашли широкое применение при обработке данных полевых исследований [Гамбурцев, 1928а].

В конце 1930-х годов Г.А. Гамбурцев разработал методы определения координат центра тяжести возмущающего тела и выражений моментов высших порядков для тел ограниченного простираения. Несколько позднее им были предложены приемы интерпретации и для случая бесконечно простирающихся тел. В этой связи им была выдвинута идея метода разностных тел, нашедшая широкое применение в теории интерпретации. Всего Г.А. Гамбурцевым было опубликовано 13 работ по теории интерпретации, а две, оставшиеся неопубликованными, воспроизведены в сборнике «Научное наследие» (см. [Гамбурцев, 2007а,б]). Историко-научный анализ этого направления в исследованиях Г.А. Гамбурцева достаточно подробно сделан В.Н. Страховым [1982, 1998]. Им выделено три крупных направления, которые создали в теории интерпретации потенциальных полей работы Г.А. Гамбурцева:

«I. Введение обобщенных интегральных характеристик возмущающих тел и создание методов их определения по экспериментальным данным.

II. Представление элементов внешних гравитационных и магнитных полей контурными интегралами и создание на основе таких представлений эффективных численных методов решения прямых задач гравиметрии и магнитометрии.

III. Комплексное использование данных гравиметрии и сейсмометрии; это направление породило сейсмогравитационный метод, который в настоящее время является основным при изучении глубинного строения земной коры и верхней мантии по геофизическим данным» [Страхов, 1998, с. 153].

Особенности творческого стиля Г.А. Гамбурцева В.Н. Страхов иллюстрирует двумя примерами:

- 1) выводом интегральных соотношений;
- 2) выводом представлений элементов внешних гравитационных полей криволинейными интегралами.

При выводе интегральных соотношений для случая распределений масс с конечным носителем на основе предварительного изучения модели точечных масс Г.А. Гамбурцев использует принцип аддитивности гравитационного поля. В.Н. Страхов отмечает оригинальность подхода Г.А. Гамбурцева. Так, им, скорее всего самостоятельно, независимо от П. Дирака развит аппарат теории δ -функции [Гамбурцев, 1936]. Он ввел, исходя из физических соображений, обобщенные функции как пределы аналитических функций, что стали делать в математике значительно позже. В.Н. Страхов справедливо заметил, что Г.А. Гамбурцев «не снимал лесов со своих построек» при поиске общего метода вывода интегральных соотношений для любых гармонических моментов масс относительно начала координат; и именно его метод, несколько модифицированный позволил его ученикам А.А. Замореву и В.К. Иванову получить общее решение задачи.

При выводе представлений элементов внешних гравитационных полей криволинейными интегралами Г.А. Гамбурцев, по мнению В.Н. Страхова, упрощая выкладки, если и делает их менее строгими, но зато более «операционными». Для двумерных гравитационных полей от тел с постоянной плотностью эти представления были получены им в виде криволинейных интегралов с дифференциалами по декартовым переменным [Гамбурцев, 1960]. В совместной с М.И. Поликарповым работе [Гамбурцев, Поликарпов, 1960] им сделано обобщение полученных результатов на основе теоремы Пуассона о связи между гравитационным и магнитным потенциалами однородно намагниченного тела и для магнитного поля. А в работе [Гамбурцев, 1928б] вместо декартовых им были использованы полярные координаты, что привело его к такому виду криволинейных интегралов, которые он положил в основу своих знаменитых соотно-



Г.А. Гамбурцев за работой

шений. В. Н. Страхов отмечал, что Григорий Александрович в работе [Гамбурцев, 1960] не пользовался формулами Грина для преобразований интегралов по площади в интегралы по контуру, а в работах [Гамбурцев, 1929, 1936] вывод представлений контурными интегралами в полярных координатах совсем отсутствует, так как предполагается очевидным. В работе Г. А. Гамбурцева [1936] приводится лучший по простоте и краткости вывод представлений элементов внешнего двухмерного поля тел постоянной плотности контурными интегралами с помощью формулы Лейбница–Ньютона для определенного интеграла как разности значений первообразных в начальной и конечных точках интегрирования.

Подытоживая оценку вклада Г. А. Гамбурцева в гравиметрию, нельзя не согласиться с позицией В. Н. Страхова, что сегодня «гораздо четче осознается и вклад в развитие теории интерпретации Г. А. Гамбурцева – как творца той «парадигмы эпохи ручного счета», формирование которой означало осознание целого ряда фундаментальных методологических положений теории интерпретации в целом. И хотя многое (почти все!) из аналитики и (особенно!) технологий, составляющих математический арсенал «парадигмы эпохи ручного счета», в настоящее время сдано в архив, ее методологические установки, хотя и в новой форме, живут и развиваются» [Страхов, 1998, с. 167].

В предисловии к своей работе [Гамбурцев, 1938] Григорий Александрович писал: «Определение расположения масс по заданным на плоскости значениям потенциала силы тяжести или его производных (первых и вторых) составляет основную проблему ин-

терпретации гравитационных наблюдений. В общем виде задача эта неоднозначна... Однако на практике степень неоднозначности задачи значительно снижается теми ограничительными условиями, которые обычно накладываются на форму и плотность геологических тел и которые диктуются главным образом геологическими соображениями. В зависимости от числа и рода ограничений задача интерпретации может приобрести однозначность и в некоторых случаях может быть решена с известной долей приближения путем простых математических операций. Большинство из применяющихся методов интерпретации заключается в подборе формы и плотности геологического тела, производимом путем сравнения поля силы тяжести, вычисленного для этого тела, с наблюдаемым. Эти методы, а также некоторые другие требуют умения вычислять возможно более просто значения первых и вторых производных потенциала масс различной формы».

Анализируя это предисловие, В. Н. Страхов отмечает, что в нем дано кредо интерпретации того периода: «1) центральное значение метода подбора в неформализованном варианте; 2) необходимость использования модельных представлений, базирующихся главным образом на геологических данных; 3) обусловленность интерпретируемых аномалий единственным геологическим телом; 4) важное значение прямой задачи и требование простоты (фактически – возможности решить вручную) к методам решения прямых задач» [Страхов, 1982, с. 37-38].

Сам Г. А. Гамбурцев при разработке вспомогательных вычислительных средств для интерпретации гравиметрических данных

больше внимания уделял механическим интеграторам, о которых уже упоминалось, однако наиболее широкое использование в практической работе получила его палетка.

В уже цитировавшейся работе В. Н. Страхов [1982, с. 42] дает ей очень высокую оценку: «Сейчас, когда эпоха ручного счета, по существу, уже кончилась, можно смело утверждать, что именно палетка Гамбурцева для вычисления gz – самая простая по способам расчета, построения и практического использования из всех когда-либо предложенных для вычисления элементов гравитационных полей – явилась основным средством решения прямых двумерных задач гравиметрии вплоть до 1970-х годов. Палетки Бартона и Юнга также обстоятельно изучались в вузах в курсе гравиметрии, но на практике использовалась исключительно палетка Гамбурцева».

Работы Г. А. Гамбурцева [2007а,б] были написаны, по мнению А. Г. Гамбурцева, в конце 1930-х годов, когда Григорий Александрович уже работал в ИТГ, но они оставались неопубликованными до 2007 г. В статье «Об одном элементарном способе интерпретации гравитационных и магнитных наблюдений» (см. [Гамбурцев, 2007а]) рассматривается лишь случай логарифмического потенциала для «звездообразного» контура сечения цилиндра, так как для подобных контуров П. С. Новиковым [1938] была доказана теорема единственности решения обратной задачи теории потенциала при заданной постоянной плотности. В работе Г. А. Гамбурцева изложен простой метод уточнения решения, который можно использовать при интерпретации гравитационных и магнитных наблюдений методом подбора. В статье «К теории интерпретации гравитационных наблюдений» (см. [Гамбурцев, 2007б]) изложены способы определения тех элементов возмущающих масс, которые могут быть найдены прямыми методами и без каких-либо ограничительных условий. Это способы интеграции вдоль полупрямой; дано распространение формул для массы и координат центра тяжести на случай бесконечного простираения; изложен метод проверки получаемых решений, а также приближенный метод решения одной частной обратной задачи гравиметрии, а именно, для структуры с горизонтальной границей раздела двух сред, где нижняя состоит из наклонных плоскопараллельных слоев различной плотности (характерно для КМА, Кривого Рога и некоторых других регионов).

Эти работы получили высокую оценку В. Н. Страхова [Достижения..., 1993, с. 206]:

«Можно смело утверждать, что в период 1939–1941 гг. интерес Г. А. Гамбурцева к обратным задачам гравиметрии был очень существенным. В этот период был выполнен целый ряд важных исследований, которые, к сожалению, в свое время не были опубликованы. В неопубликованных работах Г. А. Гамбурцева содержатся, как всегда в его трудах, много важных идейных положений, взятых на вооружение учеными на современном этапе развития науки. Это проникновение в будущее является отличительной особенностью научного творчества Г. А. Гамбурцева».

В развитие обсуждаемого здесь направления весомый вклад был внесен в трудах Е. Н. Люстиха (1903–1995), работавшего в ИТГ с 1940 г. Еще в конце 1930-х годов им были сконструированы механические интеграторы для расчета аномалий силы тяжести и телесных углов [Люстих, 1936, 1937а,б, 1938, 1940]. В соавторстве с О. А. Шванком [Люстих, Шванк, 1947] им была написана обобщающая монография по теории и практике решения прямой и обратной задач гравиметрической разведки – теории интерпретации гравитационных данных. В ней были подытожены его исследования, развивающие методы интерпретации гравитационных данных при разведке полезных ископаемых, особенно нефти и газа.

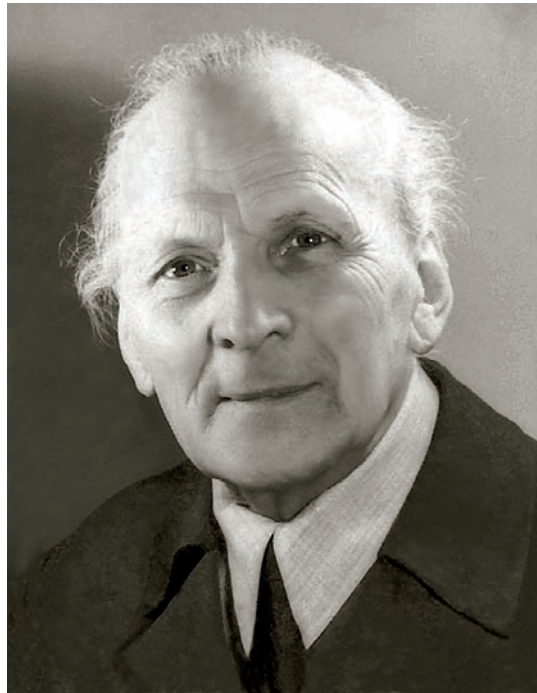
Особо следует отметить работы молодого сотрудника отдела Г. А. Гамбурцева А. А. Заморева (1910–1942), погибшего на фронте. После защиты в МГУ диссертации на соискание ученой степени кандидата астрономических наук он с 1 октября 1937 г. начал работать в ИТГ. Он сразу приступил к работе по теме: «Гравитационный метод разведки полезных ископаемых», которой даже не было в тематическом плане ИТГ 1937 г., но актуальность которой ни у кого не вызывала сомнений. В ИТГ проводились научные семинары и заседания Ученого совета, на которых она регулярно обсуждалась. Так, уже в январе 1938 г. А. А. Заморев делает доклад: «О гравитационной разведке полезных ископаемых». 3 апреля 1938 г. П. С. Новиков выступает с докладом: «Обратные задачи теории потенциала». 21 апреля 1938 г. Л. Н. Сретенский сделал сообщение: «Аналитические свойства ньютоновых потенциалов». 3 мая 1938 г. состоялся доклад А. А. Заморева: «Расчетные формулы для определения констант пертурбирующего тела по данным гравитационных наблюдений». 9 мая 1938 г. Г. А. Гамбурцев рассказывает о своей статье: «Определение аппликаты центра тяжести пертурбирующего тела» и А. А. Заморев выступает с сообще-

нием: «Определение формы тела по данным гравитационных наблюдений» (см. [Архив РАН. Фонд 577, оп. 1, ед. хр. № 11]).

В отчете за 1938 г. ИТГ по теме: «Теория интерпретации гравитационных и магнитных наблюдений», в частности, подчеркивалось, что дальнейшее развитие теории интерпретации наблюдений связано с исследованием так называемой обратной задачи теории потенциала. Далее в отчете говорилось: «Результаты исследований этой основной задачи должны обосновать уже введенные в практику методы и создать новые усовершенствованные методы интерпретации наблюдений. Применявшиеся до сих пор в геофизической практике приемы интерпретации, как правило, не были строго обоснованы. Выполненное в 1937 г. П. С. Новиковым решение задачи об единственности определения формы звездобразных тел заданной плотности по их потенциалу частично обосновало применяющиеся способы интерпретации и позволило практически поставить задачу об определении формы однородных тел заданной плотности по их гравитационному и магнитному полям. Из общей теории потенциалов следовало, что по гравитационному полю без введения особых предположений можно получить ряд величин, характеризующих возмущающие тела: массу, координаты центра тяжести, соотношения между моментами массы. Определение этих величин по данным наблюдений позволило бы решать ряд практических задач. Формулы для вычисления массы и координат центра в 1930 и 1936 гг. были выведены Г. А. Гамбурцевым.

Исследования, проводимые в ИТГ, должны были продвинуть решение обратной задачи теории потенциалов, найти строгие методы интерпретации наблюдений, получить формулы, соотношения, нужные для решения задач геофизической практики.

В результате работы в 1938 г. А. А. Заморевым получены формулы, позволяющие по наблюдаемым данным вычислять потенциал и производные потенциала во внешнем поле. Выведенные формулы упрощают некоторые вычисления при толковании наблюдений. Г. А. Гамбурцев в дополнении своих прежних исследований дал метод вычисления аппликаты центра тяжести возмущающих масс. В дальнейшем А. А. Заморевым был найден общий метод определения массы, координат центра тяжести, центробежных моментов, соотношений между моментами инерции и моментами высших порядков по значениям одной какой-либо производной потенциала. Получены удобные для вычислений формулы



Е. Н. Люстих

для определения упомянутых величин по данным наблюдений.

Отдельно выведены формулы для случая логарифмического потенциала.

В течение всего года исследовалась задача об определении формы тел, мало уклоняющихся от некоторых заданных поверхностей, по их гравитационным полям. А. А. Заморевым были выработаны приближенные методы определения границ возмущающих масс. Были рассмотрены частные случаи задачи:

- а) граница возмущающей массы мало уклоняется от плоскости, составляющей некоторый угол с плоскостью наблюдений;
- б) граница возмущающей массы мало уклоняется от ступенчатой поверхности;
- в) граница возмущающей массы мало уклоняется от параболического цилиндра;
- г) верхняя и нижняя границы возмущающей массы мало уклоняются от плоскостей;
- д) граница возмущающей массы мало уклоняется от параболоида вращения.

Отмеченные частные случаи наиболее часто встречаются при интерпретации наблюдений. Г. А. Гамбурцевым получен простой способ нахождения отклонения границы возмущающей массы от некоторой произвольно заданной поверхности, сводящийся к системе алгебраических уравнений. Полученные результаты приведены в шести приготовленных к печати статьях Гамбурцева и Заморева» [Архив РАН. Фонд 577, оп. 1, ед. хр. № 11, с. 128-131]. Это работы [Гамбурцев, 1938, 1940, 2007а,б; Заморев, 1939а,б].

В отчете о работе ИТГ за 1939 г., в частности, отмечалось:

«В рамках договорных работ были построены сводные карты гравитационных наблюдений по всем районам Восточно-Европейской равнины. Также были построены карты магнитных и гравитационных наблюдений в районе Окско-Цнинского вала...

...б) Дано практическое применение методов определения массы, координат центра тяжести и углов наклона поверхностей возмущающих тел, разработанных в ИТГ в 1938 и 1939 гг. и методов подбора для геологической интерпретации геофизических наблюдений в районе Окско-Цнинского вала. В качестве одного из наиболее вероятных вариантов интерпретации было найдено, что поверхность возмущающего тела находится на глубине полутора-двух километров и определена форма этого тела, причем нижняя граница возмущающего тела лежит на глубине $4\frac{1}{2}$ км. Решение этой задачи дает возможность сделать некоторые новые выводы о строении Окско-Цнинского вала (Б.Л. Шнеерсон).

в) По теории интерпретации гравитационных и магнитных наблюдений были даны формулы для нахождения моментов возмущающих масс и соотношений между ними и для вычисления одних производных потенциала по значениям других производных, заданных на плоскости или на линии. Найдено приближенное решение задачи об определении формы однородного двухмерного тела при заданной плотности по значениям производной гравитационного потенциала заданной на линии (А.А. Заморев).

г) Было показано, что формулы, служащие для вычисления масс и координат центра тяжести ограниченных возмущающих тел, могут быть распространены и на случаи бесконечно простирающихся трехмерных и плоских тел (Г.А. Гамбурцев).

Указанные выше теоретические работы по интерпретации геофизических наблюдений дают возможность более уверенно сделать определенные геологические выводы о строении верхних слоев земной коры на основании геофизических наблюдений на поверхности» (см. [Архив РАН. Фонд 577, оп. 1, ед. хр. № 24]).

В годовом научном отчете ИТГ за следующий 1940-й год отмечалось, что в области гравиметрии Отдел физических методов разведки полезных ископаемых продолжал заниматься теорией интерпретации гравитационных наблюдений и построением гравиметра. Резуль-

таты исследований по решению обратной задачи теории потенциала были использованы при интерпретации магнитных аномалий в области КМА.

Так, в отчете указывалось, что А.А. Заморевым разработана теория интерпретации гравитационных аномалий была сведена к следующим задачам:

«1. Установлено, что по заданным значениям производной потенциала на линии в случае конечной возмущающей массы однозначно определяются величины моментов массы M и N ... По величинам M и N можно получить соотношения между моментами массы, вычислить любую производную внешнего потенциала и провести приближенное определение формы однородного тела заданной плотности. Результаты распространены на трехмерную задачу.

2. Исследована задача об аналитическом продолжении производных потенциала в область, занятую возмущающим телом. Рассмотрен случай однородной возмущающей массы, одна из границ которой – прямая линия $z_1 = h = const$, а другая – аналитическая кривая $z_2 = h + n(x)$. При условии выполнения неравенства $|(d^n n^{n+1})/(dx^n)| < cq^n n!$, где $c = const$, $q < 1$, доказано, что производные потенциала можно аналитически продолжить в любую точку массы, за исключением точек пересечения линий z_1 и z_2 . Результаты обобщены на трехмерную задачу.

3. Решена обратная задача теории потенциала. Результаты получены при предположениях: тело однородно и плотность его задана, одна из границ массы – прямая $z_1 = h$, другая – $z_2 = h + n(x)$, где $n(x)$ – аналитическая функция, удовлетворяющая условию $|(d^n n^{n+1})/(dx^n)| < cq^n n!$.

По заданным на прямой значениям производной потенциала $\partial N/\partial z$ определена форма [величина h и функция $n(x)$] в виде определенного интеграла, зависящего от параметра x » [Архив РАН. Фонд 577, оп. 1, ед. хр. № 64, с. 25-27].

В научных планах ИТГ на 1941 г. проблеме интерпретации гравитационных наблюдений опять уделено достаточно большое внимание. В разделе III «Гравитационные методы разведки» представлены:

«Тема 2. Устойчивость обратной задачи потенциала (чл.-корр. АН СССР А. Н. Тихонов).

Доказана устойчивость обратной задачи потенциала для случая однородной пертурбирующей массы и ряда других обратных задач геофизики.

Работа дает теоретическое обоснование применимости метода подбора для

случая однородных возмущающих масс.

Тема 3. Исследование двухмерной обратной задачи потенциала (А.А. Заморев).

1) Продолжено исследование задачи о нахождении характеризующих возмущающую массу величин, однозначно определяемых по внешнему гравитационному потенциалу.

2) Исследована задача об аналитическом продолжении производной потенциала.

3) Решена задача об определении формы тела заданной плотности по производной потенциала в некоторых ограничениях, наложенных на форму.

Тема 6. Теория и практика интерпретации гравитационных наблюдений (А.А. Заморев, Б.А. Шнеерсон, Н.И. Полякова).

Целью исследования является разработка новых методов интерпретации гравитацион-

ных наблюдений на примере интерпретации Московской аномалии. В 1941 г. предполагается дать толкование аномалий в Московской области» [Архив РАН. Фонд 577, оп. 1, ед. хр. № 101, с. 19, 56].

Исследования А.А. Заморева были опубликованы в его статьях [Заморев, 1941, 1942]. Однако начавшаяся Великая Отечественная война внесла в исследовательские программы свои коррективы. А.А. Заморев ушел добровольцем на фронт и погиб в июле 1942 г. Г.А. Гамбурцев должен был решать задачи прикладного и оборонного характера. И все же исследования по описываемой тематике не прекратились полностью.

Укажем здесь лишь на известную монографию Е.Н. Люстиха и О.А. Шванка [Люстих, Шванк, 1947].

Архив РАН. Фонд 577, оп. 1, ед. хр. № 11.

Архив РАН. Фонд 577, оп. 1, ед. хр. № 24.

Архив РАН. Фонд 577, оп. 1, ед. хр. № 64.

Архив РАН. Фонд 577, оп. 1, ед. хр. № 101.

Гамбурцев Г.А. К изучению Курской магнитной аномалии. Определение элементов магнитного поля, вызываемого бесконечно длинным однородно-намагниченным цилиндром // Журн. прикл. физики. 1925. Т. 2, вып. 3/4. С.139-142.

Гамбурцев Г.А. Геологическая интерпретация гравитационных и магнитных наблюдений с помощью приборов для механических вычислений. I // Журн. прикл. физики. 1928а. Т. 5, вып. 3/4. С.227-234.

Гамбурцев Г.А. Приборы для механического вычисления элементов магнитного и гравитационного поля, вызываемого бесконечно длинным цилиндром произвольного сечения // Докл. АН СССР. 1928б. Т. 41. С.91-95.

Гамбурцев Г.А. Геологическая интерпретация гравитационных и магнитных наблюдений с помощью приборов для механических вычислений. II // Журн. прикл. физики. 1929. Т. 6, вып. 1. С. 62-67.

Гамбурцев Г.А. Об одном способе определения расположения подземных масс на основании магнитных и гравитационных наблюдений // Журн. прикл. физики. 1930а. Т. 7, вып. 2. С.103-105.

Гамбурцев Г.А., Поликарпов М.И. Вычисление дефекта массы по гравитационным наблюдениям на Шуваловском озере // Журн. прикл. физики. 1930б. Т. 7, вып. 5. С. 33-36.

Гамбурцев Г.А. О гравитационно-сейсмическом способе горной разведки // Журн. прикл. физики. 1930в. Т. 7, вып. 5. С.19-24.

Гамбурцев Г.А. Определение избытка или дефекта подземных масс на основании магнитных и гравитационных наблюдений (масса металлического железа в северной полосе курских залежей железистых кварцитов) // Журн. прикл. физики. 1930г. Т. 7, вып. 5. С.13-17.

Гамбурцев Г.А. Методы интерпретации гравитационных наблюдений // Прикл. геофизика. М.: ОНТИ, 1936. Вып. 1. С.158-194.

Гамбурцев Г.А. Определение центра тяжести возмущающего тела по гравитационным наблюдениям // Изв. АН СССР. Сер. мат. и естеств. наук. 1938. № 4. С.307-315.

Гамбурцев Г.А. Об определении элементов залегающих бесконечно простирающихся тел по гравитационным наблюдениям // Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. 1940. № 3. С.363-372.

Гамбурцев Г.А. К изучению Курской магнитной аномалии притяжения подземными хребтами // Избр. тр. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С.63-67.

Гамбурцев Г.А. Об одном элементарном способе интерпретации гравитационных и магнитных наблюдений // Научное наследие. Малоизвестные работы и материалы из архива. М.: Наука, 2007а. С. 9-12.

Гамбурцев Г.А. К теории интерпретации гравитационных наблюдений // Научное наследие. Малоизвестные работы и материалы из архива. М.: Наука, 2007б. С.12-24.

Гамбурцев Г.А., Поликарпов М.И. К вопросу о причине Курской магнитной и гравитационной аномалии // Избр. тр. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С.72-80.

Глико А.О., Козенко А.В. Объединенный институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

ЛИТЕРАТУРА

- (к 75-летию со дня основания) // Вопросы истории естествознания и техники. 2003. № 3. С. 119-124.
- Достижения и проблемы современной геофизики: Материалы конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Г.А. Гамбурцева. М.: ОИФЗ РАН, 1993.
- Заморев А.А. Об определении производных гравитационного потенциала и соотношений между моментами возмущающих масс по производной, заданной на плоскости // Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. 1939а. № 3 С.275-286.
- Заморев А.А. Об интерпретации значений производных магнитного потенциала возмущающих масс // Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. 1939б. № 6 С.661-667.
- Заморев А.А. Исследование двухмерной обратной задачи потенциала // Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. 1941. № 4/5 С.487-500.
- Заморев А.А. Определение формы тела по производным внешнего гравитационного потенциала // Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. 1942. № 1/2. С.48-54.
- Люстих Е.Н. Интегратор для измерения телесных углов: Авт. свид. № 49291. 31/VII 1936.
- Люстих Е.Н. Несколько схем механических интеграторов // Докл. АН СССР. 1937а. Т. XV (1). С.9-11.
- Люстих Е.Н. Простой механический интегратор для вычисления G // Бюллетень нефтяной геофизики. 1937б. № 4. С.68-71.
- Люстих Е.Н. Механический интегратор для вычисления аномалий силы тяжести // Сборник статей по методике интерпретации гравиметрических наблюдений. М.; Л.: ГОНТИ, 1938. С.5-12.
- Люстих Е.Н. Интегратор: Авт. свид. № 56663. 31/III 1940.
- Люстих Е.Н., Шванк О.А. Интерпретация гравитационных наблюдений. Теория и практика решения прямой и обратной задачи гравиметрической разведки / Под ред. Л. В. Сорокина. М.; Л.: Гостоптехиздат, 1947. 400 с.
- Новиков П.С. Об единственности решения обратной задачи потенциала // Докл. АН СССР. 1938. Т. XVIII.
- Страхов В.Н. Вклад Г.А. Гамбурцева в теорию интерпретации гравитационных и магнитных аномалий // Развитие идей Г.А. Гамбурцева в геофизике. М.: Наука, 1982. С.17-88.
- Страхов В.Н. Г.А. Гамбурцев – один из основоположников гравиразведки // Григорий Александрович Гамбурцев: Воспоминания, очерки, статьи. М.: ОИФЗ РАН, 1998. С.153-176.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ **КОЗЕНКО Александр Васильевич**
доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник
 Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта
 123995, Москва, Б. Грузинская ул., 10.

THE DEVELOPMENT OF THE THEORY OF INTERPRETATION GRAVITATIONAL DATA IN THE INSTITUTE OF THEORETICAL GEOPHYSICS

A.V. KOZENKO

Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS, Moscow, Russia

ABSTRACT. The paper attempts to reconstruct the development of the theory of Interpretation Gravitational data in the Institute of theoretical geophysics using ar-

chive materials were found in the Archive of Russian Academe of Science in Moscow. The basic works in the field of theory of interpretation are examined in detail.