

Страницы истории отечественного геофизического приборостроения

Зайченко В.Ю., ВНИИгеосистем, г. Москва

*"Отыщи всему начало и
ты многое поймешь"*
К. Прутков

Введение

Информационной базой геофизических полей являются данные измерений их параметров в пространстве и во времени, которые используются при интерпретации материалов и изучении явлений, связанных с природными и техногенными процессами, происходящими в недрах земли и в ее оболочках, с целью познания их происхождения, эволюции, строения, свойств и взаимосвязей с планетарными объектами и их влиянием на живую и неживую природу [2].

Измерения в геофизике как науке играют главную роль, поэтому измерительная техника и ее разрешающая способность во многом определяют возможности решения теоретических и прикладных задач с необходимой эффективностью. Без учета возможных трансформант параметров геофизических полей их общее число в современной геофизике насчитывается свыше 50, что характеризует потенциальные возможности ее методов, а также перспективы решения прикладных задач. С расширением познаний в области естественных наук число используемых геофизических полей постоянно растет, что требует новых измерительных приборов для их изучения. Указанные особенности геофизических исследований и определяют ту значимость измерительной техники, которую она занимает в области экспериментальной и прикладной геофизики, как самостоятельное научное и техническое направление в общем комплексе работ. В связи с этим представляет особый интерес рассмотрение этапов становления и развития данного направления в разведочной геофизике, что позволит составить представление не только об истории отечественного геофизического приборостроения, но и заглянуть в его будущее в связи с происходящими реформационными процессами.

Рассмотрение этого вопроса целесообразно осуществлять в рамках отдельных геофизических дисциплин как отраслей научных знаний, в которых формируются основы измерения тех или иных параметров геофизических полей и создаются технические средства для измерений.

В современной геофизике измерения параметров геофизических полей для решения геологических, экологических и других задач выполняют на различных уровнях по отношению к поверхности Земли: в космосе; в воздухе; на земле (на суше и на море); в выработках ниже поверхности земли в скважинах; в шахтах и рудниках. Это вызвано необходимостью сбора максимального объема данных об изучаемом предмете и использования технологий интегрированного анализа изучаемой информации, с целью наиболее полного и объективного установления имеющихся связей с природными и техногенными процессами.

Создание измерительных средств является одной из задач рассматриваемых научных геофизических дисциплин, решение которой во многом определяют возможности создания методных прикладных технологий и формирование целых разделов разведочной геофизики.

В связи с тем, что историю делают личности, основное внимание должно уделяться описанию не столько технических характеристик измерительных

приборов и их анализа, сколько обнаружению личностей, талант и труд которых обеспечил создание технической базы для разведочной геофизики.

Изложенная методология рассмотрения истории отечественного геофизического приборостроения и была положена в основу изложения содержания отдельных ее разделов.

Гравиметрия

Гравиметрия является старейшей научной дисциплиной в геофизике, её истоки уходят вглубь веков, когда человек впервые задумался, почему ему не удается оторваться от Земли, почему именно на землю падают предметы и т.д. Это вызвало потребность измерений величины тех сил, которые вызывают явление притяжения. Так возникли первые приборы для измерения абсолютных значений силы тяжести, на базе которых стали формироваться графометрия, как самостоятельное направление в геодезии, а затем и гравиразведка, для изучения внутреннего строения Земли.

Гравиметрические определения с разведочными целями в России впервые были проведены при исследовании Курской магнитной аномалии (КМА). В 1919 году началась организация гравиметрического отряда, а в сентябре 1921 года под руководством профессора А. А. Михайлова он приступил к полевым работам с маятниковым прибором Штюкрат. Одновременно был организован вариометрический отряд под руководством профессора П. М. Никитина. Измерения выполнялись с помощью вариометров Этвеша, закупленных в Венгрии.

На первом всероссийском съезде по горной промышленности (ноябрь 1933 г.) по предложению И. Н. Губкина, П. П. Лазарева и А. Д. Архангельского было принято решение о продолжении буровых и геофизических работ до полного выяснения природы магнитных и гравитационных аномалий в районе КМА, что послужило толчком для усиления исследований [3].

Академик В. А. Стеклов, занимаясь обработкой данных вариометрии по КМА, пересмотрел общую теорию прибора Этвеша и внес предложение о существенном ее изменении, что послужило началом творческого отношения к конструкции вариометров, а в дальнейшем дало возможность создать отечественные измерительные приборы для гравиметрической разведки.

В совершенствовании конструкции и теории вариометров существенный вклад также внесли: П. П. Лазарев, П. М. Никифоров, Б. В. Нумеров, О. Ю. Шмидт, А. А. Михайлов и др.

В связи с возрастающей ролью методов геофизики при изучении геологического строения Земли и поисках месторождений полезных ископаемых Совнарком СССР 1 августа 1923 года принял постановление об организации специализированного Института прикладной геофизики в системе ВСНХ СССР. В этого момента началась активная работа по разработке отечественных измерительных приборов для разведочной геофизики.

П. П. Лазарев, будучи организатором первого специализированного физического института, в г. Москве осуществлял общее руководство многими научными исследованиями в области физики и биофизики, а ознакомившись с результатами исследований Курских магнитных аномалий Э. Е.



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ



Лейстом, занялся изучением природы этого явления и внес существенный вклад в развитие совершенно нового для него направления в геофизику.

Пытаясь найти однозначный ответ на вопрос об источнике аномалий магнитного поля, он первый предложил использовать различные геофизические методы исследований. По его настоянию в дополнение к магнитным измерениям были включены и измерения силы тяжести с маятником Штюкрата, вариометрами Этвеша и по отклонению отвеса. В статье "О соотношении между аномалиями земного магнетизма и аномалиями силы тяжести" (1924 г.) П.П. Лазарев показал совпадение измеренных максимумов гравитационной и магнитной аномалий с теоретически вычисленными для случая призматического пласта. Позже П.П. Лазарев попытался включить в комплекс геофизических исследований и электроразведочные методы, которые только проходили опытное опробование, а также сейсмические работы с "искусственными землетрясениями". Все это не могло не сказаться на развитии работ по созданию измерительных геофизических приборов в нашей стране.

П.М. Нумеров проводил в 1918-1924 гг. опробование вариометров Этвеша в районе КМА и показал бесспорную ценность гравиметрических методов разведки. Одновременно он большое внимание уделял и конструкции гравитационных вариометров. Им был создан первый отечественный гравитационный вариометр; в 1924 году в мастерских Физико-математического института Академии наук по его чертежам было изготовлено четыре прибора, два из которых были переданы Институту прикладной геофизики ВСНХ для проведения полевых разведочных работ.

Первую программу работы Института прикладной геофизики разработал Д.И. Мушкетов, который и стал проводить ее в жизнь. В ней были предусмотрены исследования по гравиметрическим, магнитометрическим, электрометрическим и радиометрическим методам поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Отдел гравиметрии возглавил Б.В. Нумеров, отдел магнитометрии ученик В.И. Баумана И.М. Бахурин, отдел электроразведки А.А. Петровский, а радиометрии профессор Л.Н. Богоявленский. Таким образом, Институт прикладной геофизики ВСНХ с 1923 года практически возглавил разработку геофизических методов и аппаратуры и их внедрение в разведку месторождений полезных ископаемых, а также подготовку специалистов геофизиков в нашей стране.

Весьма показательными были работы отдела гравиметрии в области гравиметрического приборостроения.

Б.В. Нумеров, понимая значимость гравиметрии для решения задач геологии и геодезии, большое внимание уделял совершенствованию конструкций гравиметрических приборов и организации приборостроительной базы. Хорошо зная конструкции маятниковых измерительных приборов, а также гравиметрических вариометров Этвеша и Швейдара Бамберга, Б.В. Нумеров задумал создать полевой гравиметрический вариометр, требующий меньшего времени для измерений на одном пункте, и обладающий меньшим весом.

Побывав в 1924 году на заводе фирмы Аскания-Верке в Германии, он хорошо изучил технологию производства вариометров, по возвращении разработал новый трехрычажный вариометр, основной рабочей частью которого были три наклонных коромысла, расположенные в вертикальных плоскостях, наклоненных друг к другу под углом в 120°. Такое расположение коромысел позволяло обеспечивать постоянный контроль работы вариометра, так как среднее от отсчетов трех коромысел должно быть постоянным в любом азимуте. Для определения градиента силы тяжести на точке этим прибором достаточно было

произвести наблюдения только в двух азимутах. Простота обслуживания и большая азимутная определенность значений градиентов силы тяжести давала возможность использовать этот прибор для полевых работ с большой производительностью. По чертежам Б.В. Нумерова новый трехрычажный вариометр в 1929 г. был изготовлен на заводе Аскания-Верке, а в начале 30-х годов их производство было налажено в мастерских Астрономического института АН СССР. Позже на вариометра был создан отечественный венгерского типа вариометр ВГ-1, серийное производство которого под маркой S-20 было организовано на заводе "Геологоразведка" в Ленинграде. Он отличался более жесткими нитями и уменьшенным расстоянием между ограничителями, уменьшающими первоначальную амплитуду колебаний коромысел, что позволяло довести время экспозиции в одном азимуте до 15 мин. за счет снижения точности до $\pm 4-5$ Е. Этот прибор получил массовое применение при гравиметрической разведке [5].

Материалы гравиметрических съемок на территории СССР, выполненные с зарубежными и отечественными приборами, к 30-м годам были изучены и проанализированы А.Д. Архангельским. В ряде своих работ он показал их решающее значение для геологических региональных построений. Его книга "Геология и гравиметрия", вышедшая в 1933 году, оказала огромное влияние на использование данных гравиметрических наблюдений не только для изучения приповерхностных структур, благоприятных для скопления нефти и других полезных ископаемых, но и для выяснения расположения слоев различной плотности на больших глубинах, для понимания глобальных процессов возникновения больших и малых землетрясений; для выработки основных представлений о строении земной коры и механизма ее движений.

В начале 30-х годов геологам, геофизикам и геодезистам стало ясно, что для решения разнообразных задач геологии и геодезии необходимо знание распределения силы тяжести на территории всей страны. Поэтому в 1932 году было намечено проведение общегосударственной гравиметрической съемки территории СССР с густотой сети 1 пункт на 1000 кв. км. К концу 1937 года было выполнено свыше 7 тысяч измерений, в основном в европейской части страны [3]. Столь масштабные работы не могли не повлиять на развитие гравиметрической аппаратуры, так как требовались приборы для выполнения ускоренной съемки с достаточной точностью измерений. Гравитационные вариометры, а также закупаемые за рубежом у фирм Болиден, Исинг, Норгард и др. статические гравиметры, не могли уже удовлетворять все растущее производство гравиметрических работ. В связи с этим были развернуты широкомасштабные исследования по созданию портативных гравиметров различного назначения. Первый статический гравиметр в СССР был построен в 1938 году в Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэрофотосъемки и картографии (ЦНИИ-ГАИК) М.С. Молоденским [6]. Несколько модификаций этого прибора было выпущено в довоенные и военные годы, под марками ГНК-1, ГНК-2 и ГНК-3, которые широко использовались при производстве полевых гравиметрических исследований.

Опыт использования гравитационных вариометров для геологоразведочных целей в предвоенные годы показал, что они могут эффективно применяться при изучении солянокупольной тектоники, при поисках месторождений рудных полезных ископаемых и решении других геологических задач, имеющих принципиальное значение для геологоразведчиков. Учитывая все возрастающее значение гравиметрии для геологического изучения недр, появилась необходимость расширения объемов гравиметрических исследований и увеличе-



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

ния охвата изучаемых территорий, что можно было сделать только при наличии приборов с большей производительностью и повышенной точностью по сравнению с гравитационными вариометрами и имеющимися отечественными гравиметрами. К тому времени уже появились зарубежные статические гравиметры: широкодиапазонный гравиметр Лакоста-Ромберг (США) с ошибкой единичного измерения 0,15 мГл, весом 12 кг, предназначенный для высокоточных гравиразведочных работ; термостатированные гравиметры Аскания GS-11 и GS-12 (Германия) пружинного типа с ошибкой единичного измерения порядка 0,05 мГл, весом 29 кг, предназначенные для детальных гравиразведочных работ и общей гравиметрической съемки; бестермостатный прибор Норгард (Швеция), с горизонтальной крутильной нитью, помещенной в специальную жидкость, обеспечивающую температурную компенсацию, с ошибкой единичного измерения 0,15-0,40 мГл, весом 12 кг, предназначенный для общих гравиметрических съемок и ряд других. Это подтолкнуло отечественных ученых к созданию аналогичных измерительных приборов в нашей стране.

В послевоенные годы сформировались две школы отечественного гравиметрического приборостроения: Ленинградская во главе с заведующим техническим отделом геофизического отделения ЦНИГРИ Поддубным С.А., в последствии заведующим гравиметрической лаборатории ВИРГ, и Московская, во главе которой стояла целая группа выдающихся отечественных гравиметристов: М.С. Молоденский, П.И. Лукавченко, В.В. Федьинский, К.Е. Веселов и ряд других, внесших значительный вклад в создание отечественных гравиметров различного назначения. Московская школа формировалась на базе гравиразведочной лаборатории научно-исследовательского института геофизической и геохимической разведки (НИИ-ГПР), который в 1953 году был переименован в НИИ геофизической разведки (НИИГР), а в 1956 году во Всесоюзный научно-исследовательский институт геофизических методов разведки (ВНИИ-геофизика).

В 1945 году под руководством Поддубного А.А. был создан один из первых отечественных термостатированных гравиметров с горизонтальной крутильной нитью СН-3, производство которого было освоено на заводе "Геологоразведка", затем гравитационный градиентометр ГРБМ-2 и шахтный гравиметр ПИ-1 [5]. Гравиметр СН-3 под маркой ВИРГ-53, ВИРГ-56 и др. серийно выпускались на заводе "Геологоразведка" вплоть до 1961 года. В 1950 году за разработку и внедрение гравиметрической аппаратуры работникам ВИРГ А.А. Поддубному и Н.Н. Самсонову была присуждена Государственная премия СССР. Однако гравиметры этого типа были громоздкими, требовали внешних источников постоянного тока для питания термостата. Поэтому московская школа гравиметристов пошла по другому пути. Вначале были созданы неастирированные металлические гравиметры типа ГКМ (М.С. Молоденский, П.И. Лукавченко, В.В. Федьинский), затем на этой же базе были созданы кварцевые астирированные гравиметры ГКА, построенные по принципу вертикального сейсмографа Голицина (А.М. Лозинская, П.И. Лукавченко, В.В. Федьинский, Л.В. Петров, Л.В. Калишева, Н.Б. Сажина и др.), которые были более чувствительными и не требовали термостатирования [1]. Гравиметры этого типа были освоены на московском заводе "Нефтехим" и выпускались серийно в достаточно большом количестве. За разработку астирированных металлических пружинных бестермостатных гравиметров в 1951 году А.М. Лозинской, П.И. Лукавченко, Л.В. Калишевой, Н.Б. Сажиной, В.В. Федьинскому, М.С. Молоденскому, Л.В. Сорокину и Л.В. Петрову была присуждена Государственная премия СССР, что

явилось признанием достойного вклада отечественных ученых и инженеров в создание приборной базы гравиметрии.

Необходимо отметить, что идею использования принципа вертикального сейсмографа Голицина для измерений в гравиметрии была высказана В.В. Нумеровой еще в 1935 году и только спустя 15 лет была реализована на практике [6]. Для этого необходимо было создать теорию нелинейных (астазированных) гравиметров, разработать принципы устройства температурной компенсации и измерений силы тяжести, чтобы построить на базе этой теории кварцевый астирированный бестермостатный гравиметр. Теоретические предпосылки для решения этой весьма важной задачи создали выдающиеся ученые нашей страны - К.Е. Веселов и П.И. Лукавченко [1].

Появление портативных переносных полевых гравиметров отечественного производства с достаточно высокой точностью измерений, позволило приступить к планомерным гравиметрическим съемкам территории СССР в масштабе 1:1000000, 1:200000, 1:50000 и в более крупных масштабах. Ответственность за выполнение общей съемки была возложена на ГУГК, а практическое выполнение маятниковых наблюдений на Институт геодезических и гравиметрических работ (ИОГИР), впоследствии реорганизованный в Московское аэрогеодезическое предприятие (МАГП) [6].

В 1933 году гравиметрическим советом при Госплане СССР была утверждена первая техническая инструкция по выполнению общей гравиметрической съемки, требования которой были обязательными для всех организаций страны (авторы М.И. Казанский, М.С. Зверев, М.С. Казаков, М.С. Молоденский, В.В. Федьинский). Инструкция впоследствии постоянно совершенствовалась и переиздавалась, но появление первой редакции инструкции упорядочило нормативную базу выполнения гравиметрических съемок в нашей стране и обеспечило достаточно высокую точность составляемых гравиметрических карт различного масштаба, которые использовались как для решения геолого-геодезических, так и оборонных задач.

В пятидесятых начался новый этап гравиметрического изучения территории страны, получивший название Государственной гравиметрической съемки масштаба 1:200000. инициатором этих работ был В.В. Федьинский [6]. Впоследствии с 1955 года с учетом рекомендаций этого выдающегося гравиметриста начала проводиться Мировая гравиметрическая съемка (специальные гравиметрические работы) М 1:200000, которой покрывались не только континентальные территории, но и прилегающий шельф, а также отдельные акватории Мирового океана съемками 1 и 2 классов (1:1000000 и 1:200000). Такие работы нуждались в соответствующей гравиметрической измерительной аппаратуре.

(Продолжение следует)

Литература

1. Веселов К.Е., В.О. Баграмянц. 50 лет гравиразведке во ВНИИ геофизике, состояние, проблемы, перспективы. Прикладная геофизика, М., Недра, 1994, № 131.
2. Горная энциклопедия, том 2. М., изд. Сов. энциклопед., 1986.
3. Ильина Т. Д. Формирование советской школы разведочной геофизики, М., изд. "Наука", 1983.
4. Камянской В.В. Классификация и параметрический ряд гравиметрической аппаратуры. Геофизическая аппаратура. Санкт-Петербург, 1992, вып. 96.
5. Справочник геофизика. том V. М., Недра, 1968.
6. Хейфец М.Е. К истории развития гравиметрической съемки в нашей стране. Геодезия и картография. М., Геодезиздат, 1992, № 4.