

УДК 550.312:528.27(092)

Юрий Дмитриевич Буланже (1911–1997)

С.Н.Щеглов, Э.А.Боярский,
Л.В.Афанасьева*Институт физики Земли им.
О.Ю.Шмидта РАН, г. Москва,
Россия*

Аннотация: Почти полвека член-корреспондент РАН Юрий Дмитриевич Буланже оставался бесспорным лидером отечественной гравиметрии и признанным авторитетом за рубежом. В Институте физики Земли им. О.Ю. Шмидта он долгие годы возглавлял отдел гравиметрии. Под его руководством были разработаны и изготовлены высокоточные широкодиапазонные гравиметры ГАЭ и ГАГ, при помощи которых была создана Государственная опорная гравиметрическая сеть I класса. Экспедиции под началом Ю.Д. Буланже связали отечествен-

ную опорную сеть с сетями стран-союзников и с Мировой опорной гравиметрической сетью. Усилиями Ю.Д. Буланже основан международный гравиметрический пункт Ледово. При постоянной поддержке Ю.Д. Буланже впервые в СССР был создан абсолютный баллистический гравиметр ГАБЛ и проводились измерения с этим прибором. По инициативе Ю.Д. Буланже были разработаны и изготовлены первые в нашей стране автоматизированные морские гравиметры АМГ и организованы измерения в Мировом океане. С 1935 г. и на протяжении

всей своей научной деятельности Ю.Д. Буланже изучал неприливные вариации силы тяжести и посвятил их анализу много публикаций. По инициативе Ю.Д. Буланже были созданы геодинимические полигоны, среди них всем известные в Гарме и в Талгаре. Ю.Д. Буланже основал Общественный семинар по гравиметрии (337 заседаний!), где гравиметристы со всех концов страны обменивались идеями и результатами и просто общались. Ю.Д. Буланже достойно и эффективно представлял нашу страну в ряде международных научных организаций.

Ключевые слова:

Буланже, гравиметрия, гравиметр, абсолютный гравиметр, опорная сеть, IGSN71, неприливные изменения силы тяжести, современные движения

Описание жизни Юрия Дмитриевича Буланже – это, по существу, история всей советской гравиметрии. Ю. Д. Буланже родился 10 августа 1911 г. в Москве в семье техника-строителя. Его отец Д. А. Буланже, крестьянин, уроженец Ростовской области, окончил реальное училище и затем работал на Курской железной дороге, занимая различные должности от десятника до прораба и уже при советской власти работал специалистом по железнодорожному транспорту; позже он перешел на работу в НКВД, где работал до 1937 г. в качестве старшего инспектора пожарной охраны УНКВД по Московской области.

В 1927 г. Юрий окончил школу-семилетку и в 1929 г. поступил в Московский межевой институт на геодезический факультет (позднее институт был переименован в Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии – МИИГАиК, ныне – Московский государственный университет геодезии и картографии).

В это время среди педагогов МИИГАиКа были выдающиеся ученые, будущие члены Академии наук СССР Ф.Н.Красовский, А.А.Михайлов и Н.Н.Парийский, которые в своих научных работах и на лекциях пропагандировали применение гравиметрических данных не только для геодезических целей, но и для народного хозяйства и науки в целом. Вероятно, не без влияния этих скромных и широко эрудированных специалистов, умевших



популярно и доходчиво донести до слушателей содержание предмета, Юрий Дмитриевич заинтересовался вопросами гравиметрии, которая на всю жизнь стала предметом его научной и научно-организационной деятельности.

Юрий Дмитриевич рано начал трудовую деятельность: сразу после школы он давал уроки математики, а став студентом, преподавал на рабфаке при МИИГАиКе. По окончании второго курса по рекомендации деканата поступил на постоянную работу на строи-

ВЕХИ БИОГРАФИИ И НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

тельство Сталинской теплоэлектростанции на шоссе Энтузиастов, где он выполнял обязанности техника-геодезиста, а затем старшего инженера-геодезиста. Его первой весьма ответственной и серьезной самостоятельной работой на этом строительстве было обеспечение вертикальности возведения 132-метровой трубы (в то время первой в СССР). С этой задачей он успешно справился, применив в качестве «отвеса» астрономический универсал с ломаной трубой.

Кафедрой гравиметрии в МИИГАиКе заведовал в это время профессор А.А.Михайлов. Объявляя и комментируя темы дипломных работ по гравиметрии, он назвал одной из самых трудных и актуальных тему «Определение поправки за сокачание штатива маятникового прибора». Ее и взял Юрий Дмитриевич, а руководителем ему был назначен доцент Н.Н.Парийский. Уже в ходе выполнения дипломной работы Юрий Дмитриевич показал себя прекрасным экспериментатором, скрупулезно относящимся к лабораторным исследованиям аппаратуры, к полевым измерениям и оценке точности полученных результатов. Во всей своей последующей деятельности он неукоснительно придерживался этих правил и от своих сотрудников и учеников требовал того же.

В 1934 г. Юрий Дмитриевич успешно защитил дипломную работу и окончил МИИГАиК по специальности астрономо-геодезия.

После окончания института он короткое время работал в Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэро съемки и картографии (ЦНИИГАиК).



Кофе на ходу после банкета по случаю 50-летия гравиметрии в ИФЗ

В 1934 г. Академия наук СССР по решению Правительства была переведена из Ленинграда в Москву. Тогда же в Москву был переведен и Сейсмологический институт АН СССР (СИАН). В 1946 г. он был объединен с Институтом теоретической геофизики АН СССР и стал называться Геофизическим институтом (ГЕОФИАН), а в 1956 г. ГЕОФИАН был разделен на Институт физики Земли, Институт атмосферы и Институт прикладной геофизики. Директор СИАН член-корреспондент АН СССР П.М.Никифоров предложил профессору МИИГАиК А.А.Михайлову организовать в СИАНе гравиметрическую лабораторию, А.А.Михайлов это предложение принял. Во вновь созданную лабораторию в качестве научных сотрудников были приглашены Н.Н.Парийский и молодой специалист Ю.Д.Буланже. Непродолжительное время здесь же работал Ф.Н.Красовский. Основной задачей лаборатории стало изучение вековых (неприливных) изменений силы тяжести, включая разработку для этой цели приборов и методов измерений. С 1935 г. судьба Юрия Дмитриевича навсегда была связана с Институтом физики Земли им. О.Ю.Шмидта.

Помимо совершенствования методики маятниковых измерений, проведения лабораторных исследований аппаратуры, организации экспедиций и участия в полевых работах, Юрий Дмитриевич с 1939 г. выполняет обязанности ученого секретаря СИАН и затем ГЕОФИАН. Эту должность он занимал около 20 лет. Выполнение этих обязанностей дало ему возможность приобрести опыт научно-организационной работы, расширить свой кругозор и познакомиться со многими крупными учеными. В этот период времени академиком-секретарем Отделения физико-математических наук, куда входил институт, был академик Отто Юльевич Шмидт, и Юрию Дмитриевичу довелось много раз присутствовать на заседаниях Бюро Отделения под его председательством.

В 1941 г. научная работа Ю.Д.Буланже была прервана Великой Отечественной войной. До августа 1941 г. Юрий Дмитриевич находился в Москве, занимаясь эвакуацией семей сотрудников института и выполняя обязанности начальника охраны здания СИАН. С августа он руководит строительным батальоном, который сооружал противотанковые рвы около Можайска. Условия работы были тяжелыми, и Юрию Дмитриевичу очень помог его экспедиционный опыт. В ноябре 1941 г. он вместе с супругой эвакуируется в Башкирию.

В условиях войны приходилось считать с тем, что бакинские нефтепромыслы могут быть захвачены врагом, и в связи с этим был развернут поиск новых месторождений нефти на территории Башкирии («Второе Баку»). Юрий Дмитриевич сразу же начал работать в составе Теоретического отряда (начальник член-корреспондент АН СССР А.Н.Тихонов) Волго-Башкирской нефтяной экспедиции. Знакомясь с материалами гравиметрической съемки, Юрий Дмитриевич был крайне удивлен отсутствием контроля при составлении гравиметрических карт, по которым затем проводилась интерпретация. Юрий Дмитриевич поделился этими сомнениями с А.Н.Тихоновым, и они пришли к выводу, что надо обстоятельно ознакомиться со всеми гравиметрическими работами на территории Прибельской полосы, оценить точность измерений и надежность составленных гравиметрических карт. После того как это было сделано, Юрий Дмитриевич предложил новую, нестандартную методику для составления гравиметрических карт и для оценки их точности.

Обобщив выполненные им исследования, Юрий Дмитриевич написал несколько статей о точности измерений гравитационными вариометрами, а в апреле 1943 г. успешно защитил диссертацию на тему «Оценка точности сводной гравиметрической карты Прибельской полосы» на ученую степень кандидата физико-математических наук.

В октябре 1943 г. Юрий Дмитриевич вернулся в Москву и продолжил научную работу в гравиметрической лаборатории СИАН, оставаясь одновременно и Ученым секретарем института. В 1956 г. Юрий Дмитриевич был назначен заведующим аэрогравиметрической лабораторией и в течение 30 лет последовательно руководил отделом экспериментальной гравиметрии, сектором гравиметрии и геомагнетизма, отделом гравиметрии и геодезии.

За свою долгую и плодотворную жизнь Юрий Дмитриевич побывал в более чем 40 экспедициях. Какая бы по значимости ни была экспедиция, он всегда скрупулезно готовил ее. Нередко ему приходилось обращаться в Президиум АН СССР за помощью и содействием в подготовке различных документов. Он всегда с удовольствием рассказывал о том, как руководящие работники академии помогали в проведении экспедиционных работ. С большой теплотой он отзывался о президентах АН СССР академиках С.И.Вавилове и А.Н.Несмеянове, об академиках О.Ю.Шмидте и Г.А.Гамбурцеве. К ним всегда можно было

попасть на прием, договорившись заранее по телефону, и изложить свою просьбу. И любая просьба никогда не оставалась без ответа. Их всесторонняя помощь была решающей при организации работ Аэрогравиметрической экспедиции. Это касалось и предоставления самолетов и необходимых денежных средств, и просьб ко всем руководителям советских, партийных и военных органов в местах базирования экспедиции, оказывать всяческое содействие ее работам. Все это способствовало как успешному проведению полевых работ, так и своевременному предоставлению их результатов заинтересованным организациям.

К сожалению, говорил Юрий Дмитриевич, все это было примерно до середины 1960-х годов. Затем Академия наук СССР все более и более превращалась в бюрократическое ведомство, и добиться чего-нибудь можно было, только пройдя через мощный заслон чиновников. Нередко, приезжая в институт, после очередного неудачного посещения Президиума АН СССР Юрий Дмитриевич с горечью говорил, что, даже будучи членом-корреспондентом АН СССР, он не мог попасть на прием к президенту АН СССР. А дела чаще всего были самыми неотложными: зарубежные экспедиционные работы, выполнение международных обязательств и проектов, в которых Академия наук СССР была крайне заинтересована.

В 1955 г. Юрий Дмитриевич был назначен заместителем председателя Межведомственного комитета по проведению Международного Геофизического Года. С этого времени началась его научно-организационная деятельность в различных международных комитетах, комиссиях и рабочих группах. Это была огромная и разнообразная работа. В общей сложности он выезжал в научные заграничные командировки 195 раз, побывав в 27 странах, а поездки Юрия Дмитриевича по нашей стране вообще невозможно подсчитать.

По инициативе Ю.Д.Буланже в 1965 г. была создана Комиссия многостороннего научного сотрудничества академий наук социалистических стран по планетарным геофизическим исследованиям (КАПГ), которую он возглавил и бессменно руководил ею до 1991 г. КАПГ осуществляла руководство, координацию и кооперацию геофизических исследований в социалистических странах.

В 1971 г. на Генеральной ассамблее Международного союза геофизики и геодезии Ю.Д.Буланже был избран президентом Международной ассоциации геодезии (IAG) на 1971–1975 гг. В эти же и в последующие годы Юрий Дмитриевич возглавлял Рабочую

группу IAG по проведению международных сличений абсолютных гравиметров. Эта деятельность не мешала Юрию Дмитриевичу успешно работать в качестве президента Международной комиссии IAG по изучению современных движений земной коры, члена Международного гравиметрического бюро и президентом двух рабочих групп IAG: по составлению гравиметрической карты Атлантического океана и по проведению международных сличений абсолютных гравиметров.

Помимо всего этого он руководил рядом подобных отечественных организаций и проектов, в частности, Общесоветским семинаром по гравиметрии. В Национальном геофизическом комитете Ю.Д.Буланже, будучи членом бюро, руководил также редколлегией и секцией геодезии.

Юрий Дмитриевич был горячим сторонником популяризации науки. Во многих популярных изданиях он печатал статьи, где доходчиво объяснял прикладное значение работ по гравиметрии, геодезии, астрономии. Много в этом отношении им было сделано на посту президента Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО).

Огромна и издательская деятельность Юрия Дмитриевича. В разное время он был заместителем главного редактора журнала «Земля и Вселенная», ответственным редактором трудов Междуведомственного геофизического комитета, членом редколлегии журналов: реферативного журнала «Геофизика», «Gerlands Beitrage zur Geophysik» (ГДР) и «Marine Geodesy» (США). Ю.Д.Буланже редактировал разделы «Гравиметрия» и «Современные движения земной коры» в реферативных журналах «Геофизика» и «Астрономия».

Юрию
Дмитриевичу –
Семьдесят лет.
Рядом К.Я. Козьякова



Все годы работы в Академии наук СССР Юрий Дмитриевич вел интенсивную научную деятельность, занимался с аспирантами, активно участвовал в заседаниях Ученого совета ИФЗ АН СССР, выступал в качестве оппонента при защите докторских и кандидатских диссертаций.

Работы и научные публикации Юрия Дмитриевича охватывают самый широкий круг проблем: измерения силы тяжести маятниками, создание сети опорных гравиметрических пунктов, изучение неприливных изменений силы тяжести, создание комплексных геодинимических полигонов для исследования современных движений земной коры, измерения силы тяжести абсолютными гравиметрами и их международное метрологическое сличение в Севре, гравиметрическая съемка в акваториях Мирового океана, возрождение морской обсерваторской сети и уровнемерных постов в районе Санкт-Петербурга и др.

Юрий Дмитриевич был женат дважды. Аделаида Всеволодовна Рылеева, на которой он женился в 1933 году, работала в ГЕОФИАНе и была постоянным спутником и помощником Юрия Дмитриевича во многих экспедициях, в том числе и в Башкирии.

В 1955 г. Юрий Дмитриевич женился на своей аспирантке Кире Яковлевне Козьяковой, которая с 1949 года, ещё студенткой МГУ начала работу в Институте старшим лаборантом. Кира Яковлевна занималась важной по тому времени работой – разработкой методики эталонирования гравиметрической аппаратуры в лабораторных условиях и принимала участие в работах Аэрогравиметрической экспедиции в качестве оператора. По результатам эталонирования наземных и морских гравиметров К.Я.Козьякова защитила диссертацию и стала кандидатом физико-математических наук. До выхода на пенсию в 1985 г. она работала в должности старшего научного сотрудника.

Юрий Дмитриевич и Кира Яковлевна прожили вместе более 40 лет. У них было двое детей: Дмитрий (1956 г. р.) окончил МФТИ, кандидат физико-математических наук, живёт в Германии с женой и двумя детьми, Александр (1959 г. р.) после окончания МГУ работает математиком.

Обширные знания и необычайная научная интуиция позволяли Юрию Дмитриевичу распознать ценность и перспективу новых направлений в гравиметрии.

Попробуем кратко рассказать о его вкладе в перечисленные направления гравиметрии и геодезии.

Научная работа Ю.Д.Буланже в послевоенные годы в основном была направлена на создание опорной гравиметрической сети СССР. Первоначально эта работа выполнялась маятниковыми приборами, а в 1950-е годы также и гравиметрами. Ряд отраслей народного хозяйства страны нуждался в составлении огромного количества гравиметрических карт различного масштаба, имеющих единую основу и единый уровень съемок на всей территории СССР с точностью не хуже 0.3–0.5 мГал. В это же время широко обсуждались возможные неприливные изменения силы тяжести, для исследования которых требовалась точность 0.1–0.2 мГал. Обеспечить решение этих задач могла только единая Государственная опорная гравиметрическая сеть высокой точности.

Маятниковые измерения. На первых порах работы в СИАНе Юрий Дмитриевич занимался приведением в порядок маятниковой аппаратуры, оборудованием помещений, строительством бетонных столбов для установки приборов и устройством термокамеры для определения температурных коэффициентов маятников. Он исследовал некоторые источники ошибок, присущих маятниковым приборам, и предложил упрощенные формулы для оценки точности маятниковых измерений. Тогда же начинаются экспедиции Ю. Д. Буланже. Первая была под началом Н. Н. Парийского на Кавказ в 1935 г.

В 1937–1938 гг. Юрий Дмитриевич уже сам руководит экспедициями, изучавшими Московскую гравитационную аномалию. В этих экспедициях он впервые применил наблюдения маятниковыми приборами в палатках на специальных металлических кольях, забиваемых в землю. Подытоживая измерения в районе Московской гравитационной аномалии этому поводу Ю. Д. Буланже [1940] писал: «Опыт работы этих экспедиций показал определенное преимущество наблюдений в палатках, в особенности в лесных районах, где их следует разбивать в тени деревьев. Наблюдения в палатках избавляют партию от траты времени на поиски помещений для работ и жилья, обеспечивают почти полное отсутствие пыли (чего почти невозможно достигнуть при наблюдениях в сараях), обеспечивают стандартность размещения вспомогательной аппаратуры и т.п. Все это, конечно, не может не отразиться на скорости отработки пункта. Кроме того, наблюдения в палатках дают возможность более правильно размещать пункты, независимо от населенных мест,

что особо важно при сгущении сети в местах малообжитых».

Эксперименты показали, что сокачание штатива на кольях, как правило, было меньше, чем на цементном полу. Но главное заключалось в том, что этот метод позволял проводить наблюдения внутри палатки и при этом выбирать место для пункта там, где это необходимо для уточнения характера гравитационного поля, а не искать ближайшее подходящее помещение. Камеральная обработка показала, что ошибки результатов измерений не превышали 1.5 мГал. По результатам работ была составлена детальная гравиметрическая кар-

**СОЗДАНИЕ
ВЫСОКОТОЧНОЙ
ОПОРНОЙ
ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ
СЕТИ**



1935 г., Кавказ.
Выверка теодолита
для высотной привязки
маятникового пункта



1937 г., Средняя Россия.
Высотная привязка пункта
с помощью барометров

та Московской аномалии, которая помогла геолого-геофизической интерпретации этого района.

Эпоха относительных гравиметров. Долгое время, занимаясь маятниковыми измерениями, Юрий Дмитриевич отчетливо понимал, что таким путем можно было определить лишь очень ограниченное число пунктов. Поэтому, когда в середине 1940-х годов в Советском Союзе появились гравиметры Норгарда, Юрий Дмитриевич сразу же оценил их возможности и полностью посвятил свою дальнейшую деятельность гравиметрам. Он остановил свой выбор на гравиметрах из следующих соображений. По сравнению с маятниковыми приборами гравиметры легче, компактнее и намного проще в обращении, что ускоряет процесс измерений в десятки и сотни раз. При этом они обладают и более высокой точностью. Конечно, следовало учитывать, что гравиметры нуждаются в калибровке, т.е. в определении цены деления отсчетного устройства и в довольно частом контроле смещения нуля-пункта прибора (изменения начального отсчета). Кроме того, многие типы гравиметров имели ограниченный диапазон измерений и потому не годились для развития опорных сетей, где между пунктами были большие разности силы тяжести Δg .

Анализируя результаты измерений различными типами гравиметров, Юрий Дмитриевич заключил, что для определения опорных

гравиметрических пунктов лучше всего подходят кварцевые гравиметры с горизонтальной крутильной нитью и жидкостной температурной компенсацией. Такие гравиметры обладают необходимой чувствительностью, удовлетворительной стабильностью смещения нуля и достаточно широким диапазоном измерений. К этому типу приборов относились, в частности, и гравиметры Норгарда, изготовленные шведской фирмой «Aktiebolaget Elektrisk Malmletning» (Стокгольм). Подобные им отечественные гравиметры СН-3 в 1950-х годах стал изготавливать ленинградский завод «Геологоразведка». Выполнив 2–3 измерения с 5–6 такими приборами, можно было определить Δg между двумя пунктами с ошибкой 0.2–0.3 мГал.

Когда в 1948 г. началась разработка нового метода высокоточных гравиметрических измерений, в различных организациях нашей страны имелось около десяти гравиметров Норгарда, из них лишь два – в распоряжении группы Ю. Д. Буланже. Умение Юрия Дмитриевича убедить собеседника в правоте своего дела каждый раз побеждало ведомственные барьеры – владельцы гравиметров Норгарда и СН-3 предоставляли свои приборы для лабораторных исследований и экспедиционных работ.

Впервые Юрию Дмитриевичу удалось провести измерения с гравиметром Норгарда во время работ в Таджикской геофизической экспедиции. Этими измерениями был определен ряд пунктов по профилю от Сталинабада (Душанбе) до Гарма для изучения неприливных изменений силы тяжести. Гравиметр перевозился на автомашине, но перед самым концом работ на горной дороге между Гармом и Оби-Гармом произошел обвал. По этой причине последнюю связь пришлось выполнять на самолете По-2. Было сделано несколько измерений, и, хотя самолет По-2 был совершенно не приспособлен к перевозке гравиметра, результаты измерений оказались значительно лучше, чем при перевозке его на автомашине. Вспоминая об этих полетах По-2, Юрий Дмитриевич говорил, что тогда ему и пришла мысль о принципиально новом методе создания опорной гравиметрической сети.

В отделе гравиметрии, которым с 1946 г. заведовал член-корреспондент АН СССР Михаил Сергеевич Молоденский, Юрию Дмитриевичу удалось организовать группу сотрудников – энтузиастов нового метода создания высокоточных гравиметрических пунктов. В их числе были старшие научные сотрудники С. Е. Александров и Ю. С. Добро-

1947 г., Памир.
Наблюдение
гравиметром
Норгарда



хотов, младшие научные сотрудники Е. И. Попов и К. Я. Козьякова, инженер С. М. Новиков, старший лаборант А. В. Рылеева.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ОПОРНАЯ СЕТЬ СССР.

В 1945–1946 гг. Юрий Дмитриевич участвует в работах Таджикской геофизической экспедиции. Соглашаясь принять участие в этой экспедиции, Юрий Дмитриевич имел в виду провести серию высокоточных измерений силы тяжести по разработанной им методике, создать опорную сеть I класса и, учитывая высокую сейсмичность региона, оценить возможные изменения силы тяжести во времени. Базу экспедиции решено было разместить в селении Оби-Гарм в 90 км восточнее Сталинабада. Здесь же было выбрано место для гравиметрического пункта.

В 1945 г. измерения производились двумя маятниковыми приборами, а на следующий год – тремя. Разность значений силы тяжести между пунктами Москва (СИАН) и Оби-Гарм оказалась равной 2010.6 мГал и была измерена с рекордной для того времени точностью 0.3 мГал. Расхождение между результатами измерений 1945 и 1946 гг. годов получилось всего 0.4 ± 0.65 мГал. Заметим, что эта маятниковая связь послужила в дальнейшем для определения эталонной разности силы тяжести Москва–Полтава, на которой калибровались гравиметры при создании опорной сети СССР.

АЭРОГРАВИМЕТРИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ.

После тщательного лабораторного исследования гравиметров и проведения полевых испытаний Юрий Дмитриевич в 1949 г. организовал Аэрогравиметрическую экспедицию (АГЭ) ГЕОФИАН СССР. Сейчас, когда все большее место в гравиметрии занимают измерения непосредственно с самолета, название экспедиции может ввести в заблуждение. Но в 1940-е годы это означало лишь, что гравиметры перевозят с пункта на пункт на самолете, чтобы ускорить процесс измерений и уменьшить погрешность, вызванную смещением нуля-пункта.

Первые полевые работы АГЭ были начаты на четырехмоторном самолете Ту-4, предоставленном ВВС при содействии Президента АН СССР академика С. И. Вавилова. Однако, несмотря на самоотверженность экипажа, частые неисправности самолета сильно тормозили работу экспедиции. Основная часть измерений была выполнена с помощью транспортного самолета Ли-2. При меньших скорости и грузоподъемности он, тем не ме-

нее, оказался весьма удобным и более производительным для работ подобного рода, чем самолет Ту-4.

Первыми участниками экспедиционных работ были: Ю. Д. Буланже (начальник экспедиции), операторы Л. А. Говорова (ЦНИИГАиК), М. С. Абакелиа (АН ГССР), К. Я. Козьякова и А. В. Рылеева (ГЕОФИАН), П. Ф. Шокин (МИИГАиК), инженеры по электрооборудованию Ю. С. Доброхотов и Е. И. Попов (ГЕОФИАН) и помощник оператора Е. А. Калужский (ГЕОФИАН).

В экспедиции 1950 г. отрабатывалась методика многократных групповых измерений, предложенная Ю. Д. Буланже еще применительно к работам с маятниковой аппаратурой. Основная концепция этой методики состояла в том, что высокоточное измерение разности силы тяжести должно выполняться группой приборов и в нескольких рейсах. Тем самым уменьшалось влияние постоянных ошибок, присущих отдельным приборам, и ошибок, связанных с особенностями каждого рейса. Всего было отработано 18 звеньев с погрешностью 0.12 мГал. Этими работами был установлен единый эталон Москва–Полтава для калибровки гравиметров.

Полученными результатами заинтересовались и в Министерстве геологии СССР. В следующем году по просьбе Союзного Сибирского геофизического треста (ССГТ) Мингео СССР были определены 22 пункта в Западной Сибири, что полностью обеспечило первоочередные запросы полевых гравиметрических партий. Одновременно была заложена начальная эпоха для изучения вариаций силы тяжести во времени вдоль цепочки пунктов Рига–Петропавловск-Камчатский. В работах постоянно применялись семь гравиметров Норгарда из ГЕОФИАНа и других организаций и короткое время – один гравиметр СН-3 (ЦНИИГАиК).

В 1952 г. было продолжено создание сети опорных пунктов на северо-востоке страны. К применявшимся в предыдущем году приборам добавились три гравиметра СН-3.

В экспедициях 1951–1952 гг. на каждом звене было сделано не менее трех измерений. Для контроля гравиметровых измерений во всех экспедициях принимала участие группа М. Е. Хейфеца (ЦНИИГАиК), выполнившая маятниковые измерения на ряде пунктов. Юрий Дмитриевич сумел организовать работу таким образом, что маятниковая аппаратура и сотрудники группы М. Е. Хейфеца перевозились с пункта на пункт самолетами АГЭ.

За три года работы АГЭ на территории страны было определено около 200 пунктов. Окончательная погрешность измерения одного Δg оказалась меньше 0.2 мГал, а погрешность любого пункта относительно исходного пункта «Москва ГАИШ» не превышала 0.5 мГал.

По итогам трехлетних работ аэрогравиметрической экспедиции Юрий Дмитриевич в 1953 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. В эти годы Ю. Д. Буланже читал лекции в МИИГАиКе и в МГУ, и в 1960 г. он стал профессором.

СОЗДАНИЕ ГРАВИМЕТРОВ ГАЭ И ГАГ.

Огромное внимание Ю. Д. Буланже всегда уделял метрологическому обеспечению аппаратуры. Помимо калибровки гравиметров по пунктам с известной силой тяжести, для гравиметров с горизонтальной крутильной нитью в аэрогравиметрической лаборатории широко применялась калибровка на специальной наклонной плите. Прибор наклоняли в плоскости горизонтальной упругой нити на угол, и тем самым гравиметр измерял. Сила тяжести была известна с заведомо достаточной точностью, а угол измеряли с помощью высокоточного теодолита и автоколлимационного устройства.

Однажды в 1950 г. в лабораторию пришел М. С. Молоденский – он всегда с большим интересом относился к работам Ю. Д. Буланже – и обратил внимание на установку для калибровки гравиметров и подробно расспросив об этой установке и результатах эксперимента. А через некоторое время М. С. Молоденский предложил Юрию Дмитриевичу калибровать гравиметры не наклоном оси вращения, а непосредственным измерением угла поворота кварцевой системы тем же теодолитом. Ю. Д. Буланже загорелся этой идеей. В мастерских института срочно изготовили специальные приспособления и начали эксперимент. Предложенный М. С. Молоденским метод лабораторной калибровки гравиметров Норгарда и СН-3 оказался весьма эффективным и получил название «геометрического».

Геометрический метод, т.е. прямое измерение угла поворота кварцевой системы, стал революционным в гравиметрическом приборостроении. Он лег в основу новых широкодиапазонных гравиметров ГАЭ-2 и ГАЭ-3 («гравиметр Аэрогравиметрической экспедиции»). Позднее, в процессе калибровки гравиметров геометрическим методом возникла мысль конструктивно объединить гравиметр

и теодолит, а именно измерять угол раствора кварцевой системы угломерным устройством теодолита ОТ-02, помещенным непосредственно на ось вращения гравиметра. На этом принципе были созданы широкодиапазонные приборы ГАГ-1 и ГАГ-2 (гравиметр астазированной геодезической). Уникальность этих гравиметров заключалась в том, что ГАЭ и ГАГ не нуждались в калибровке и измеряли Δg непосредственно в системе CGS с точностью до $1 \cdot 10^{-4}$. Первые гравиметры ГАЭ были изготовлены при активном участии Юрия Дмитриевича в 1953 г. в мастерских ГЕОФИАН, а гравиметры ГАГ – в 1969 г. на московском экспериментальном оптико-механическом заводе. Гравиметры ГАГ-2 широко применялись также производственными партиями Мингео СССР и других ведомств для создания опорных сетей II класса.

Начиная с 1953 г., на протяжении почти 20 лет с помощью гравиметров ГАЭ и ГАГ различных модификаций при научном руководстве Юрия Дмитриевича, и часто при его личном участии АГЭ выполняла работы по созданию опорной гравиметрической сети СССР. Вероятно, нет ни одного уголка страны, где не побывал бы Юрий Дмитриевич со своими сотрудниками. К 1969 г. эти работы были закончены и после окончательной обработки измерений и их уравнивания был издан Каталог опорной гравиметрической сети СССР 1970 г.

Связь с Мировой опорной гравиметрической сетью. Для обеспечения фундаментальных задач геофизики и геодезии необходимо было надежно связать опорную гравиметрическую сеть СССР с Мировой опорной сетью. Впервые Ю. Д. Буланже эти работы начал осуществлять в 1955 г. Из зарубежных экспедиций, которыми он руководил, отметим лишь, с нашей точки зрения, наиболее важные.

1955 г.

Первая связь Москвы с Потсдамом группой гравиметров ГАЭ-2.

1956 г.

Измерения по цепочке пунктов Иркутск–Улан-Батор–Пекин–Циндао–Нанкин–Шанхай.

1957 г.

Создание опорной гравиметрической сети Китайской Народной Республики. С помощью 9 гравиметров ГАЭ-3 на самолете Ил-12 было определено 20 пунктов I класса и 33 пункта II класса. Ошибка связи двух пунктов I класса составила 0.09 мГал, а II класса



1957 г., Пекин.
После вручения ор-
денов КНР. В центре
Ю.Д.Буланже, второй
слева С. Н. Щеглов

0.14 мГал. Значение ускорения силы тяжести было передано в Пекин от Потсдама с ошибкой 0.37 мГал. Для того времени это были выдающиеся результаты. В этой экспедиции была за один прием измерена разность силы тяжести 1118 мГал между пунктами Ахаса и Синин с погрешностью всего 0.3 мГал. Гравиметрами такое большое Δg не измерял никто в мире. В этой же экспедиции были выполнены измерения на пунктах Ханой (ДРВ) и Пхеньян (КНДР). На высокую точность результатов указывал и такой факт. Спустя 32 года в Пхеньяне были проведены абсолютные измерения советским баллистическим гравиметром ГАБЛ. Пункт АГЭ 1957 г., расположенный на аэродроме Пхеньяна, был к этому времени утрачен. Но связь Пекин–Пхеньян, выполненная китайскими гравиметристами в 1988 г., позволила сравнить результаты измерений гравиметром ГАБЛ со значением g , переданном через Пекин. Расхождение составило всего лишь 0.047 ± 0.011 мГал.

1958 г.

Первые измерения на пунктах Международного эталонного гравиметрического полигона Варшава–Берлин–Прага–Будапешт–Бухарест–София девятью гравиметрами ГАЭ-3.

1968 г.

Создание Международного эталонного гравиметрического полигона Таллин–София с диапазоном около 1600 мГал. В экспедиции



1957 г., Пекин.
Ю.Д.Буланже и
К.Я.Козьякова

участвовали и специалисты всех социалистических стран Восточной Европы. Экспедиция располагала 15 гравиметрами: пятью ГАГ-1, тремя ГАГ-2, четырьмя Gs-12 и тремя гравиметрами Шарп. На некоторых звеньях ЦНИИГАиК выполнил маятниковые измерения. Помимо упомянутых крайних точек, полигон включал в себя следующие пункты: Вильнюс, Варшава, Краков, Берлин, Прага, Будапешт, Бухарест. Длительное время полигон обеспечивал исходными данными национальные гравиметрические сети стран Восточной Европы. Большой диапазон силы тяжести в сочетании с высокой точностью полученных значений создал надежную метрологическую

основу для гравиметрических работ в ГДР, Польше, Чехословакии, Венгрии, Румынии и Болгарии.

1970 г.

Измерения между пунктами Потсдам–Хельсинки и Потсдам–Рим. В этой международной экспедиции принимали участие гравиметристы из ГДР, Чехословакии, Финляндии и Италии. Первое звено было измерено четыре раза 15 приборами, в том числе шестью ГАГ-1 и четырьмя ГАГ-2. Из-за возникших в Риме организационных трудностей разность Δg между Потсдамом и Римом удалось определить лишь однократно, что было явно мало для таких фундаментальных работ.

Конечной целью этого цикла измерений было получить как можно более точно поправку к Потсдамской системе. Поэтому измерения выполнялись между Потсдамом и пунктами, где были уже выполнены или планировались абсолютные определения силы тяжести. В частности, предполагалось связать Потсдам с Севром (Франция) и Теддингтоном (Великобритания).

1973 г

Зарубежные экспедиции Юрия Дмитриевича произвели большое впечатление на западных ученых. Оказалось, что «эти русские» умеют прекрасно выполнять гравиметрические измерения. А метод групповых многократных измерений силы тяжести между двумя пунктами стал для них настоящим открытием. За рубежом тоже стали применять этот метод, отказавшись от работы с одним гравиметром, хотя бы и самым современным. Благодаря успешным работам за рубежом Ю. Д. Буланже получил приглашение от австралийского Министерства минеральных ресурсов, геологии и геофизики выполнить измерения на эталонном базисе Лайагам (Па-

пуа Новая Гвинея) – Хобарт (о. Тасмания) диапазоном силы тяжести 2950 мГал и протяженностью около 4000 км. В 1973 г. восемью гравиметрами ГАГ-2 были измерены разности Δg на 15 звеньях с погрешностью от 0.011 до 0.021 мГал. Ошибка Δg между концами базиса получилась 64 мкГал, т.е. относительная погрешность базиса составила $2.2 \cdot 10^{-5}$.

В экспедиции участвовали австралийские специалисты с четырьмя гравиметрами ЛаКоста–Ромберг. Из результатов экспедиции вытекало, что масштабные коэффициенты этих гравиметров имели значительные ошибки. Гравиметрическая сеть Австралии в целом также имела масштабную ошибку $5.2 \cdot 10^{-4}$. В итоге совместной экспедиции австралийцам пришлось внести поправки в масштабные коэффициенты своих гравиметров и перевычислить силу тяжести на пунктах всей Национальной опорной гравиметрической сети. Забегая вперед, отметим, что эти измерения были проконтролированы маятниковыми измерениями ЦНИИГАиК в следующем году и абсолютным прибором ГАБЛ в 1979 г. на диапазоне 2216 мГал между пунктами Порт-Морсби и Хобарт.

1974 г.

Повторные измерения на Международном эталонном гравиметрическом полигоне Таллин–София. Измерения выполнены десятью гравиметрами ГАГ-2, тремя Gs-12, семью гравиметрами Шарп и пятью маятниковыми приборами ЦНИИГАиК.

1975–1976 гг

Создание опорной гравиметрической сети Демократической Республики Вьетнам. В сеть вошли 32 пункта I класса и 67 пунктов II класса. На звеньях I класса измерения производились десятью гравиметрами ГАГ-2. Гравиметры перевозились на самолете или вертолете. На звеньях II класса приборы перевозились на двух автомашинах по пять гравиметров. На звеньях I класса средняя квадратическая ошибка измерения Δg составила 0.02 мГал, а на звеньях II класса 0.04 мГал. Сверх запланированных работ в северной части Вьетнама, по просьбе Геодезической службы ДРВ были также проведены измерения на четырех звеньях в южной части Вьетнама – через Дананг до Хошимина (Сайгона).

Международный гравиметрический пункт Ледово. Вернемся на несколько лет назад, чтобы рассказать о предыстории Международного пункта Ледово и о значении базы «Ледово» для гравиметристов ИФЗ РАН. Ю. Д. Буланже всегда придавал огромное значение тщательному исследованию гравиметрической и вспо-

«Симпозиум» под хвостом Ан-24 (Таллин, 1974 г.). Крайний справа – Ю. Д. Буланже



могательной экспедиционной аппаратуры, поскольку от этого во многом зависел успех полевых работ. Он прекрасно понимал, что в тесном помещении института на Большой Грузинской проводить такие исследования просто негде. Недаром институт вынужден был арендовать полтора десятка помещений во всех концах Москвы. Юрий Дмитриевич прилагал все усилия, чтобы расширить производственные площади лаборатории, и выход был найден за пределами Москвы.

В начале 1960-х годов институт получил земельный участок в районе подмосковного поселка Долгое-Ледово (около 30 км от Москвы по Щелковскому шоссе). Здесь были построены административное здание, складские помещения, автомастерская, боксы для хранения экспедиционного имущества и аппаратуры и другие объекты. Для сотрудников института построили жилье: пять двухэтажных и один пятиэтажный дом. Так возникла подмосковная экспериментально-испытательная база (теперь научно-экспедиционная) «Ледово».

В 1961 г. Юрий Дмитриевич обратился к руководству института с просьбой переоборудовать строящийся в Ледове склад под лабораторные помещения. Одновременно он обратился и к Президенту АН СССР А. Н. Несмеянову, который поддержал эту просьбу и дал указание подготовить Распоряжение Президиума АН СССР по этому вопросу. К сожалению, А. Н. Несмеянов вскоре оставил свой пост, и решение вопроса затянулось на два года.

Наконец, 11 июня 1963 г. вышло Распоряжение Президиума АН СССР № 102-853, по которому Институту физики Земли АН СССР было разрешено приспособить строящийся склад на территории базы «Ледово» для использования его под специальную гравиметрическую лабораторию. Юрий Дмитриевич был несказанно обрадован этому и форсировал, как мог, строительство лаборатории с бетонными постаменами для гравиметров и геодезических приборов. И вот уже более 40 лет лаборатория успешно функционирует в этом помещении.

Из-за бюрократических проволочек завершить строительство здания в намеченный срок не удалось. Только к февралю 1966 г. были полностью завершены все строительные работы, установлено специальное оборудование, завезены аппаратура, мебель и пр. Приемная комиссия под председательством Ю. Д. Буланже приняла гравиметрическую лабораторию в эксплуатацию.

В те времена гравиметристы института могли только мечтать о таком помещении: общая его площадь составила около 500 м². В 10 комнатах разместились сотрудники отдела Ю. Д. Буланже (на эту должность он был избран по конкурсу 3 мая 1963 г.), занимающиеся морскими работами, созданием опорных гравиметрических сетей, калибровкой гравиметрической аппаратуры, геодезическими измерениями и другими исследованиями. Вся подготовка и исследования разнообразной аппаратуры к экспедициям проводились в этих помещениях Ледово. При поддержке Ю. Д. Буланже в двух комнатах в 1976 г. был построен уникальный стенд СИГМА для динамических исследований морских гравиметров. Этот стенд единственный в стране позволял имитировать одновременно и наклоны гравиметров, и возмущающие ускорения с различными амплитудами и фазами, т.е. воссоздавать условия работы приборов в море. Для исследования гравиметров на стенде приезжали сотрудники и из других институтов.

Юрий Дмитриевич регулярно посещал базу Ледово и живо интересовался подготовкой аппаратуры к полевым работам.

Как уже сказано, в 1950-х годах Юрий Дмитриевич начал работы с гравиметрами за рубежом. Он прекрасно понимал, что плодотворная работа с зарубежными коллегами может основываться только на взаимном доверии и обмене результатами измерений. А для этого иностранные коллеги также должны иметь возможность выполнять измерения на пунктах Советского Союза. Однако все без исключения гравиметрические данные, относящиеся к территории СССР, имели гриф «секретно». Один из авторов настоящей статьи лично столкнулся со случаем, когда требовалось засекретить отчет, где был приведен профиль силы тяжести в одной из шахт на глубине 364 м, даже не привязанный к дневной поверхности. Естественно, иностранным специалистам не разрешалось проводить у нас никаких работ с гравиметрической аппаратурой. Ю. Д. Буланже был крайне обеспокоен этим положением и настойчиво искал выход. В конце концов, он сумел убедить компетентные органы в необходимости организовать гравиметрический пункт, открытый для посещения зарубежными специалистами. Пункт должен был быть круглосуточно доступен для наблюдений, иметь удобный подъезд для автотранспорта, достаточную площадь для установки аппаратуры и помещение для камеральной обработки измерений.

Такой опорный гравиметрический пункт был создан в одной из комнат гравиметрической лаборатории в Ледово. Пункт значится как «Ледово N 5035» во всех каталогах и с 1969 г. специальным Распоряжением СМ СССР открыт иностранцам для посещения и измерений. Распоряжение разрешало публиковать в открытой печати величину ускорения силы тяжести на этом пункте. Гравиметрами ГАЭ и ГАГ и маятниковыми приборами ОВМ ЦНИИГАиК международный пункт Ледово был многократно связан с мировым исходным пунктом в Потсдаме. Естественно,

пункт Ледово был надежно связан и с главным гравиметрическим пунктом Государственной опорной сети СССР.

В разные годы в Ледово проводили измерения специалисты из Финляндии, Японии, Чехословакии, Польши, Венгрии и других стран. Международный пункт Ледово послужил исходным пунктом для экспедиций ЦНИИГАиКа, выполнивших маятниковые определения силы тяжести в Японии, Австралии, Иране, Египте, а также для гравиметровых связей со многими зарубежными пунктами, а с 1980-х годов и для измерений абсолютными гравиметрами.

АБСОЛЮТНЫЕ ГРАВИМЕТРЫ – НОВАЯ ЭПОХА ГРАВИМЕТРИИ

ВСЕМИРНАЯ ОПОРНАЯ ГРАВИМЕТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ IGSN-71. До 1970-х годов все гравиметрические измерения на Земле приводились в единую Потсдамскую систему. Эта система была введена в обиход после того, как в 1898–1904 гг. в Геодезическом институте в Потсдаме Ф.Кюннен (Kuhnen) и П.Фуртвенглер (Furtwängler) получили абсолютное значение силы тяжести с помощью оборотных маятников. Оно и легло в основу всех относительных определений силы тяжести на Земном шаре и более 60 лет использовалось гравиметристами всего мира в качестве исходного. Однако в 50-х годах XX в. выяснилось, что уровень Потсдамской системы завышен, по крайней мере, на 10 мГал. Создалась любопытная ситуация: относительными измерениями была создана Мировая гравиметрическая сеть с погрешностями разности силы тяжести между пунктами не хуже 0.1 мГал, а уровень всей этой сети в целом был известен с погрешностью около 5 мГал.

Юрий Дмитриевич считал исключительно важным определение поправки к Потсдамской системе. Принципиально это можно было осуществить только с помощью высокоточных абсолютных определений силы тяжести на основе новейших достижений в измерении длин и интервалов времени. Первые такие измерения начал в середине 1960-х годов японский ученый А.Сакума (Sakuma) в Международном бюро мер и весов (BIPM, Севр, Франция) с помощью сконструированного им стационарного баллистического гравиметра. Вскоре в США транспортный баллистический гравиметр JILAg изготовил Дж. Фаллер (Faller), а в 1970-е годы абсолютные гравиметры с различным успехом разрабатывались уже в нескольких странах. Появилась возможность объединить новые абсолютные определения с наиболее

надежными относительными маятниковыми и гравиметровыми измерениями, совместно уравнивать их и создать единую сеть опорных гравиметрических пунктов.

Эта всемирная опорная сеть, включившая около 2000 пунктов, получила название International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN-71). В 1971 г. в Москве на XV Генеральной ассамблее Международного союза геодезии и геофизики (IUGG) опорная сеть IGSN-71 была принята вместо Потсдамской системы. К этому времени в Потсдамской системе было определено несколько миллионов пунктов, и, чтобы этот гигантский объем данных не пропал для научных и прикладных задач, требовалось перейти от старой системы к новой без потери точности. Величину поправки можно получить привязкой пунктов, уже определенных в Потсдамской системе, к пунктам сети IGSN-71. При участии Ю. Д. Буланже такие измерения были выполнены относительными методами (гравиметры ГАГ-2 и маятниковые приборы ОВМ ЦНИИГАиКа), а затем абсолютным гравиметром ГАБЛ. Аналогичные измерения были проведены в Северной и Южной Америке абсолютным гравиметром Фаллера.

Анализируя все эти измерения, Юрий Дмитриевич [1978] в статье о поправке в Потсдамскую систему получил следующие значения (мкГал):

по относительным определениям	-13 961±16
по абсолютным измерениям гравиметром ГАБЛ	-13 968 ± 9
по абсолютным измерениям на территории США	-13 960 ± 8

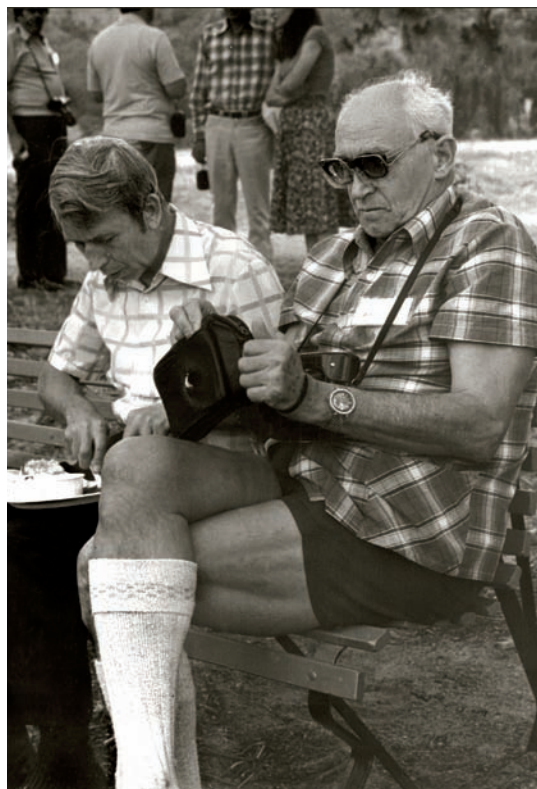
На основании этих данных Ю. Д. Буланже заключил: «Хорошая сходимость значений поправок, полученных различными

методами измерений в интервале значений 978.3–981.9 Гал, указывает на надежность их вывода и позволяет полагать, что средняя величина поправки $-13\,963 \pm 3$ мкГал определена с точностью, достаточной для ее использования как в научных, так и прикладных целях”.

Измерения абсолютным гравиметром ГАБЛ на пунктах IGSN-71 в пределах от 60° с.ш. до 43° ю.ш. (Хельсинки, Потсдам, Севр, Сингапур и 6 пунктов в Австралии) позволили проконтролировать систему IGSN-71. Средняя квадратическая погрешность определения g в системе IGSN-71 оказалась равной 64 мкГал. При этом обнаружилось, что различие систем зависит от величины самой силы тяжести, составляя -16.5 ± 3.5 мкГал/Гал. Возникновение такого систематического различия, резюмирует Юрий Дмитриевич, можно объяснить тем, что при уравнивании системы IGSN-71 в измеренные приращение силы тяжести не введена поправка, учитывающая различие масштабов двух систем: Потсдамской и IGSN-71. Эта поправка равна $-14.10 \cdot 6$, т. е. весьма близка к полученному выше значению.

Абсолютный гравиметр ГАБЛ. Вслед за абсолютными гравиметрами А.Сакумы и Дж.Фаллера одна из удачных разработок была завершена в новосибирском Институте автоматики и электрометрии СО АН СССР под руководством Г.П. Арнаутова. Юрий Дмитриевич сразу же оценил возможности абсолютного гравиметра в решении разнообразных задач, стоящих перед гравиметрией: создании высокоточных гравиметрических пунктов, изучении неприливных вариаций силы тяжести, уточнении поправки к Потсдамской системе и контроле сети IGSN-71. Он приложил максимум усилий для поддержки группы Г.П. Арнаутова и для широкого применения нового прибора.

Юрий Дмитриевич выступил в роли «крестного» отца этого прибора – по его предложению он получил имя «гравиметр абсолютный баллистический лазерный» (ГАБЛ). По инициативе Юрия Дмитриевича с 1975 г. начинается постоянная совместная работа Института физики Земли АН СССР и Института автоматики и электрометрии СО АН СССР. Большой авторитет Юрия Дмитриевича среди зарубежных специалистов и его активное участие в различных международных комитетах и комиссиях сделали возможным провести с прибором ГАБЛ измерения на многих зарубежных пунктах.



Симпозиум в Канберре
(Австралия, 1979 г.).
На экскурсии

Первые абсолютные определения в Потсдаме были выполнены в 1976 г. Там же были проведены еще четыре измерения в 1978, 1980, 1983 и 1986 гг.

В 1977–1989 гг. измерения гравиметром ГАБЛ выполнены на 15 пунктах десяти стран, причем на некоторых пунктах по 3–4 раза:

1979, 1982, 1984 и 1987 гг. – Сингапур.

1978, 1983 и 1986 гг. – Пецны (Чехословакия).

1980, 1983, 1986 и 1987 гг. – Будапешт (Венгрия).

1981, 1983 и 1986 гг. – София (Болгария).

1979 г. – Сидней, Хобарт, Дарвин, Алис Спрингс, Перт (Австралия) и Порт Морсби (Папуа Новая Гвинея).

1980 г. – Хельсинки и Соданкюля (Финляндия).

1977, 1981, 1985 и 1989 гг. – Севр (Франция).

1988 г. – Антананариву (Мадагаскар).

1989 г. – Пхеньян (КНДР).

Помимо этого в разные годы были выполнены абсолютные измерения силы тяжести на нескольких пунктах в странах Восточной Европы. На международном гравиметрическом пункте Ледово с 1976 по 2009 г. в общей сложности сделано более 30 определений силы тяжести отечественными и зарубежными абсолютными баллистическими гравиметрами. Уже без Ю. Д. Буланже на пункте Ледово в июне 2003 г. было проведено Всероссийское сравнение абсолютных гравиметров.

СЛИЧЕНИЕ АБСОЛЮТНЫХ ГРАВИМЕТРОВ В СЕВРЕ. Знакомясь с результатами повторных измерений абсолютными гравиметрами различных конструкций на одних и тех же пунктах, Ю. Д. Буланже обнаружил систематические расхождения в результатах и обратил внимание на различные подходы к оценке точности измерений. Он отчетливо понимал и настойчиво убеждал специалистов, что выяснить реальную точность современных абсолютных приборов и попытаться оценить индивидуальные систематические ошибки приборов, можно только проводя наблюдения ими на одном пункте примерно в одно и то же время.

Эта идея нашла отклик, и по инициативе Юрия Дмитриевича на Генеральной ассамблее IAG в 1979 г. было принято решение провести сличение абсолютных гравиметров в 1981 г. в ВІРМ. Место сличения было выбрано, исходя из того, что здесь с 1875 г., когда была подписана международная метрологическая конвенция, находится главная ее штаб-квартира и проводятся сличения самых разнообразных средств измерения. Кроме того, в ВІРМ уже более 10 лет А.Сакума проводил наблюдения сконструированным им абсолютным гравиметром. Полученное А.Сакумой значение силы тяжести, по существу, послужило исходным для всей сети IGSN-71.

Организацию и проведение сличения поручили Ю. Д. Буланже. С тех пор сличения абсолютных гравиметров в Севре проводятся каждые четыре года. С каждым разом растет число участников (табл. 1). В 1981 г. наблю-

дения проводились шестью гравиметрами, причем в течение основного интервала наблюдений лишь одним советским и двумя американскими гравиметрами, а остальными (итальянским, китайским и прибором А.Сакумы) – спустя полгода. В 5-м сличении 1997 г. участвовали уже 12 стран: Австрия, Бельгия, Великобритания, Германия, Италия, Канада, Китай, Польша, Россия, США, Финляндия и Франция, а также гравиметр из ВІРМ. Наша страна не смогла принять участие только в 4-м и 6-м сличениях из-за финансовых трудностей.

Наблюдения приходилось выполнять на разных постаментов, и вдобавок у разных приборов первичные результаты относились к разным высотам над постаментом. Поэтому для приведения результатов измерений к одной точке каждый раз создавалась местная микрогравиметрическая сеть большой группой высокоточных относительных гравиметров различной конструкции. Сеть включала в себя по 3–4 точки на разной высоте над каждым постаментом, где выполнены абсолютные измерения.

Абсолютные гравиметры непрерывно совершенствуются, по мере накопления опыта шлифуется методика наблюдений и усложняется обработка их результатов. Все эти факторы несомненно способствуют повышению точности измерений.

Однако иногда обнаруживались систематические расхождения между отдельными гравиметрами или между группами однотипных гравиметров. Эти расхождения в 2–3 раза превышали оценки, ожидаемые по

Таблица 1.
Участники международных сличений абсолютных гравиметров в Севре

N	Год	Число приборов		Число типов приборов
		всего	в том числе гравиметров JILAg и FG5	
1	1981	6	2	5
2	1985	6	2	6
3	1989	9	5	5
4	1994	11	9	4
5	1997	15	11	6
6	2001	17	14	4
7	2005	19	14	7
8	2009	Ожидается до 25		

внутренней сходимости измерений, и точностные характеристики, заявленные их конструкторами. Тем самым сличения в Севре подтвердили концепцию Ю. Д. Буланже о том, что абсолютные гравиметры, возможно, имеют неучтенные систематические ошибки. Исходя из этого, Юрий Дмитриевич делает дальнейший вывод, что для создания Мировой высокоточной гравиметрической сети с погрешностью несколько микрогалов нужно применять не менее 3–4 абсолютных гравиметров, причем по возможности различных конструкций. К сожалению, эти пожелания не удается осуществить полностью – все большую долю среди сличаемых гравиметров стали занимать гравиметры двух типов, причем

сходной конструкции: JILAg и FG5, который представляет дальнейшее развитие того же прибора JILAg.

Первые три сличения абсолютных гравиметров прошли под непосредственным руководством Ю. Д. Буланже. В рамках 5-го сличения специалисты из 12 стран провели заседание Специальной исследовательской группы 6 IAG (абсолютные определения силы тяжести), посвященное памяти Ю. Д. Буланже. Был отмечен огромный вклад Юрия Дмитриевича в постановку и проведение сличений абсолютных гравиметров. Благодаря этому метрологический подход к выполняемым измерениям прочно вошел в практику гравиметристов всего мира.

Велик вклад Ю. Д. Буланже в развитие морской гравиметрии. Трехмаятниковый морской прибор, созданный Ф. Венинг Майнесом в 20-х годах прошлого века, не мог обеспечить необходимой детальности, точности и производительности наблюдений. Поэтому, как только появилась идея морских наблюдений сильно демпфированными гравиметрами, Юрий Дмитриевич с присущим ему чувством нового стал активным участником ее разработки. В ИФЗ АН СССР началось создание морской гравиметровой аппаратуры и всего сопутствующего оборудования к ней. В результате под научным руководством Ю. Д. Буланже его ученик Е. И. Попов разработал чувствительный элемент и морской гравиметр ГАЛ, пригодный для геолого-разведочных работ. В. А. Тулин, другой ученик Юрия Дмитриевича, через несколько лет на основе того же чувствительного элемента сконструировал широкодиапазонный прибор ГАЛ-ОМПО с автоматизированной регистрацией отсчета. Гравиметры, созданные учениками Ю. Д. Буланже, принципиально отличались от зарубежных образцов и по своей точности не уступали лучшим из них.

Одним из крупных практических выходов этой разработки стали результаты наблюдений, полученные в плаваниях Постоянно действующей морской гравиметрической экспедиции (ПДМГЭ) на судах АН СССР под руководством В. А. Тулина. При активном содействии Юрия Дмитриевича на нескольких научно-исследовательских судах были оборудованы штатные гравиметрические лаборатории, и организация очередного плавания стала предельно простой. Поскольку акаде-

мический флот работал во всех акваториях земного шара, долгое время ПДМГЭ была основным поставщиком данных о глобальном гравитационном поле Земли. В отличие от результатов измерений на территории СССР и его союзников, а также и в прилегающих акваториях, эти данные были открытыми. Экспедиция ежегодно «привозила» до 10 000 морских пунктов, которые по своей точности ничуть не уступали зарубежным. Юрий Дмитриевич передавал эти результаты измерений в Международное гравиметрическое бюро (BGI), причем предпочитал вручать магнитную ленту с данными лично директору Бюро Ж. Бальмино. Наш вклад в Международную базу данных был не особенно велик, но благодаря ему советские геофизики получили возможность пользоваться базой гравиметрических данных BGI и по Мировому океану, и по всей суше.

В дальних рейсах наши гравиметристы пользовались опорными гравиметрическими пунктами в зарубежных портах. Иностранцы оказывали всяческое содействие в организации наблюдений на этих пунктах: предоставляли автотранспорт для привязки места стоянки судна к опорному пункту, помогали опознать его на местности и сообщали всю необходимую информацию. Конечно, советская сторона должна была отвечать зарубежным коллегам подобной взаимностью. И здесь Юрию Дмитриевичу пришлось немало потрудиться, как и в случае с допуском иностранных ученых на международный пункт Ледово. Ему удалось добиться разрешения для иностранных ученых работать на гравиметрических пунктах в Мурманске, Одессе и Находке.

МОРСКАЯ ГРАВИМЕТРИЯ

НЕПРИЛИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

На протяжении всей своей научной деятельности Ю.Д.Буланже занимался изучением неприливых изменений силы тяжести. Первые его работы по этой проблеме в 1935 г. относятся еще к эпохе маятниковых измерений. В научных публикациях появились сообщения о том, что на Кавказе за 25–30 лет сила тяжести изменилась на 30 мГал и более. Для экспериментальной проверки этих данных была организована экспедиция, в которой Н.Н.Парийский и Ю.Д.Буланже провели повторные маятниковые измерения на трассах, пересекающих Главный Кавказский хребет. Сила тяжести была измерена маятниковыми приборами на 14 пунктах, определенных в начале века геодезистами Корпуса военных топографов. Это были первые исследования неприливых изменений силы тяжести в Советском Союзе. Оказалось, что отмеченные большие изменения силы тяжести – лишь следствие накопления ошибок измерений, а вовсе не колебания гравитационного поля. На 8 пунктах из 14 изменения силы тяжести не превосходили средних ошибок их определения, и только на двух пунктах расхождения оказались чуть больше удвоенной средней квадратической ошибки. Этими работами уже тогда было показано, что, если изменения силы тяжести и имеют место, то они настолько малы, что вряд ли могут быть подтверждены маятниковыми методами. Экспедиция 1935 г. на Кавказ положила начало систематическому проведению работ в новом тогда направлении в гравиметрии – изучении неприливых изменений силы тяжести.

С появлением гравиметров эта тематика, естественно, углубилась. Повторные измерения, проведенные через 10–12 лет по пунктам Потсдам–Москва–Свердловск–Чита–Хабаровск–Петропавловск–Камчатский и Потсдам–Москва–Тбилиси–Ашхабад–Душанбе–Алма-Ата–Балхаш, показали, что все зарегистрированные изменения силы тяжести много меньше ошибок их определения. На основе полученных результатов Ю.Д.Буланже [1971] сделал вывод: "...можно утверждать, что на территории Советского Союза по отношению к мировому исходному гравиметрическому пункту в Потсдаме поле силы тяжести за время с 1955 по 1967 г. было неизменным с точностью 0.14 мГал. Если же допустить, что поле силы тяжести

меняется линейно, то его изменения за указанный период времени могли происходить со скоростью менее ± 0.012 мГал в год". Этот вывод еще раз подтвердили повторные измерения на полигоне Таллин–София в 1968 и 1974 гг. Из их результатов следовало, что сила тяжести на пунктах полигона, если и изменяется, то со скоростью не более 4 мкГал в год. (Характерно, что примерно с 1970-х годов гравиметристы, говоря об изменениях силы тяжести, оперируют уже не миллигалами, а микрогалами.)

Юрий Дмитриевич придерживался мнения, что, чем точнее становились измерения, тем меньше оставался диапазон для скоропалительных выводов об изменении силы тяжести и гипотез, объясняющих эти изменения. В 1930-е годы шла речь о десятках миллигалов. Через 25 лет Г. Барта предположил, что ядро Земли перемещается относительно ее оболочек, и это приводит к изменениям силы тяжести до 0.5 мГал в год. Наконец, в середине 1960-х годов Э.Э.Фотиади выдвинул гипотезу, из которой следовало, что изменения силы тяжести могут достигать 0.1 мГал в год. Точность современных гравиметров, в частности измерения абсолютными гравиметрами, убеждают нас в том, что неприливые изменения силы тяжести не превышают нескольких микрогалов, если учтены изменения рельефа местности. Исключение – районы вулканической активности и такая деятельность человека, как строительство водохранилищ, интенсивная разработка полезных ископаемых, заполнение газохранилищ и т.д. Ю.Д.Буланже вместе с А.Ш.Файтельсоном организовал Комиссию по изучению неприливых изменений силы тяжести (КИНИСТ). Заседания Комиссии регулярно проходили в ИФЗ АН СССР и всегда привлекали большое число участников. По существу, КИНИСТ можно рассматривать как секцию Общественного семинара по гравиметрии, о котором речь пойдет дальше. С 1978 по 1988 г. ежегодно выходил из печати сборник самых интересных докладов под общим названием «Повторные гравиметрические наблюдения».

К сожалению, из-за отсутствия средств российские ученые вынуждены были прекратить дальнейшие работы по изучению глобальных изменений силы тяжести.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ГОД. Международный Геофизический Год. В 1955 г. СССР объявил о своем участии в проведении Международного Геофизического Года (МГГ). При Президиуме АН СССР был создан Советский комитет по проведению МГГ под председательством академика И.П.Бардина (впоследствии комитет был преобразован в МеждудеPARTMENTальный геофизический комитет, ныне Геофизический центр РАН). Одним из его заместителей стал Ю.Д.Буланже. В том же году в рамках МГГ начались научно-исследовательские работы в Антарктике. С этой целью была создана Комплексная антарктическая экспедиция (КАЭ), в задачу которой входил огромный объем исследований (гляциология, геология, сейсмология, гравиметрия и др.). Для интерпретации результатов геофизических наблюдений требовалось знание высот и координат мест наблюдений. Единственным методом для определения высот в первых трех экспедициях было барометрическое нивелирование. Однако в условиях Антарктиды этот метод нередко приводил к ошибкам до 50 м и более, что мешало надежной интерпретации результатов гравиметрических наблюдений для геодезических и других целей. Более точное определение высот внутри Антарктиды в сочетании с сейсмическими и гравиметрическими измерениями дало бы возможность уточнить характер подледного рельефа и толщину льда. С учетом этого, планируя исследования по маршруту Мирный–Восток Ю.Д.Буланже и С.Е.Александров приняли смелое решение: силами сотрудников лаборатории и опытных военных геодезистов определять высоты методом тригонометрического нивелирования с одновременным проведением гравиметрических измерений.

Для этих работ в ИФЗ АН СССР была организована группа из четырех человек, сконструировано и изготовлено специальное геодезическое оборудование для работы в условиях Антарктиды. На станции Мирный в группу вошли два механика-водителя вездеходов «Пингвин» и радист. В составе Четвертой экспедиции эта группа за два похода (осенне-зимний с 9 апреля по 25 июня 1959 г. и весенне-летний с 14 сентября 1959 г. по 3 января 1960 г.) выполнила геодезические и гравиметрические измерения по маршруту Мирный–Комсомольская (из-за поломки одного из вездеходов дальнейшие измерения до станции Восток провести не удалось). По маршруту Мирный–Комсомольская длиной 880 км было определено 259 геодезических и

72 гравиметрических пункта. Погрешность высоты пункта Комсомольская составила 1.4 м, а силы тяжести 3 мГал. Это были первые геодезические работы внутри Антарктического материка (табл. 2). Многие видные ученые и полярники сомневались в успехе, но Юрий Дмитриевич сумел переубедить скептиков и в очередной раз оказался прав.

Станция	Высота, м					
	геодезическая	барометрическая			разность, м	
	4-я КАЭ	2-я КАЭ	3-я КАЭ	2-я КАЭ	3-я КАЭ	
Пионерская	2740	–	2700	–	+40	
Восток–1	3250	3380	3140	–130	+110	
Комсомольская	3500	3540	3420	–40	+80	

При научном руководстве Ю. Д. Буланже и С. Е. Александрова эти работы были продолжены в Шестой экспедиции по маршруту Комсомольская–Советская–Восток–Комсомольская.

СОВРЕМЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ.

Еще одним направлением научных работ Ю. Д. Буланже было изучение современных движений земной коры. Непосредственные измерения в этой области стали возможны лишь с 1950-х годов с появлением новых высокоточных геодезических приборов. Это новое направление геодинамики и все исследования в нашей стране возглавил проф. Ю. А. Мещеряков, а после его смерти в 1971 г. и до 1991 г. – Ю. Д. Буланже.

Отечественные исследования с самого начала выгодно отличались комплексным подходом, при котором геолого-геоморфологические, геодезические и геофизические методы сочетались с тектонофизической интерпретацией. По инициативе Юрия Дмитриевича, для таких комплексных исследований создаются специальные геодинамические полигоны вблизи Душанбе, Алма-Аты, Ташкента, на Камчатке, в Крыму, на Кольском полуострове и в других районах. Места для полигонов были выбраны в сейсмоактивных регионах, на разломах, рядом со строящимися крупными народнохозяйственными объектами. Большая часть разнообразных геофизических наблюдений на полигонах выполнялась сотрудниками ИФЗ АН СССР.

Таблица 2.
Высоты пунктов,
определенные
барометрическим и
геодезическим методами



Фрагмент карты
современных движений
земной коры [1975]

Особое место среди геодинамических полигонов занял Гармский полигон, расположенный в 150 км к востоку от Душанбе в самом центре сейсмоактивной зоны. Еще в 1946–1949 гг. по инициативе Ю. Д. Буланже и В. В. Данилова там было проведено нивелирование I класса на линиях, пересекавших основные структурные элементы. Позднее на части этих трасс повторные измерения выявили сложную картину вертикальных движений в регионе. Горизонтальные движения в Гарме изучались в течение многих лет с помощью светодальномеров. Именно там были зарегистрированы горизонтальные смещения со скоростью до 20 мм в год. Юрий Дмитриевич был убежден в решающей роли именно горизонтальных движений в геодинамических процессах. В частности, он стремился подтвердить геодезическими методами гипо-

тезу о сближении Евразийской и Индийской литосферных плит. Окончательно это было установлено в 1990-е годы более точными измерениями. Геодезические экспедиции, руководимые Ю. Д. Буланже, дали принципиально новую информацию о кинематике как Таджикской депрессии и смежных частей Тянь-Шаня и Памира в целом, так и тектонических дислокаций меньшего размера. Юрий Дмитриевич участвовал в организации гравиметрических и аэрогеодезических исследований в эпицентрах Гармского (1941 г.), Хаитского (1949 г.), Спитакского (1988 г.) и других землетрясений.

По предложению Ю. Д. Буланже в 1963 г. XIII Генеральная Ассамблея Международного союза геофизики и геодезии (IUGG) утвердила проект «Современные движения земной коры», со следующими основными направлениями:

1. Составление карт современных вертикальных движений земной коры.

2. Изучение их закономерностей на комплексных геодинамических полигонах.

3. Общие деформации земного шара, дрейф континентов. Ю. Д. Буланже всегда считал, что для таких исследований необходима широкая кооперация специалистов многих стран и создание международных центров по сбору, хранению и обмену данными. Одним из них стал центр в Праге, созданный благодаря усилиям Юрия Дмитриевича. Учеными и специалистами социалистических стран была создана и опубликована карта вертикальных движений земной коры Восточной Европе [1975].

Много времени и сил уделял Юрий Дмитриевич сохранению и продолжению наблюдений за уровнем Балтийского моря, которые ведутся на Кронштадтском футштоке уже более 150 лет. Он служит исходной точкой отсчета глубин и высот в России, но сооружение дамбы для защиты Санкт-Петербурга от наводнений создало угрозу, что футшток будет отрезан от Балтийского моря. В связи с этим на мысе Шепелева был построен дублер Кронштадтского футштока, и с 1987 г. на нем начаты регулярные наблюдения одновременно с измерениями в Кронштадте. На мысе Шепелева, в Ломоносове и в Кронштадте были также созданы специальные реперные посты, состоящие из группы скважинных реперов, закрепленных на глубине кристаллического фундамента. Все эти работы были выполнены при самом активном участии Юрия Дмитриевича.



1956 г., Арктика.
А полюс-то вон где...

Отметим еще одну громадную по своему объему работу, выполненную под непосредственным руководством Ю. Д. Буланже. По заказу Министерства обороны СССР в 1950-е годы ГЕОФИАН проводил гравиметрическую съемку советского сектора Северного Ледовитого океана с дрейфующих льдов. Сроки, выделенные для съемки, были крайне сжаты – два года. Таких работ в практике мировой гравиметрической съемки не было. И тем не менее Ю. Д. Буланже совместно с С. Е. Александровым успешно решили эту задачу в рамках экспедиций «Север-7» (29 марта – 23 мая 1955 г.) и «Север-8» (4 апреля – 18 мая 1956 г.). В работах принимали участие сотрудники ГЕОФИАН и Военно-топографической службы Министерства обороны СССР.

Съемка Полярного бассейна выполнялась гравиметрами СН-3. Координаты пунктов

определялись астрономическим методом, что сопряжено с известными трудностями в высоких широтах. Погрешности координат составили 0.1–0.3'. Работы проводились на четырех самолетах Ли-2 в лыжном варианте. Опорными пунктами служили дрейфующие ледовые базы, но из-за дрейфа сила тяжести на них изменялась. Чтобы исключить ошибки, вызванные дрейфом, ледовые базы регулярно привязывались другой группой гравиметров на самолете Ил-12 к опорным пунктам, специально созданным на прибрежных аэродромах. К тому моменту, когда Ил-12 прилетал на ледовую базу, там же приземлялись и самолеты Ли-2, на которых выполнялась съемка. В общей сложности на дрейфующих льдах Арктики было определено 332 пункта с погрешностью 1.2 мГал. Полученная точность оказалась лучше той, которая планировалась заказчиком.

СЪЕМКА ПОЛЯРНОГО БАССЕЙНА

НЕСОСТОЯВШАЯСЯ ЭКСПЕДИЦИЯ

В заключение приведем любопытный рассказ самого Юрия Дмитриевича об экспедиции, которая так и не состоялась.

В экспедициях, в свободное от работы время, Юрий Дмитриевич охотно вспоминал свои полевые работы на Кавказе, в Подмосковье, в Таджикистане, на Камчатке и в других местах Советского Союза. Но была в биографии Юрия Дмитриевича особая экспедиция, о которой он долгое время ничего не рассказывал. И только в 1980-х годах, при организации очередной зарубежной экспедиции, когда от решения одного из чиновников управления внешних сношений АН СССР зависела ее судьба, Юрий Дмитриевич вспомнил, как в 1946 г. готовилась, пожалуй, самая секретная экспедиция в его жизни. К счастью, финальная часть экспедиции в последний момент была отменена, что позволило избежать не только возможного международного конфликта, но и возможных человеческих жертв.

Дело было так. После окончания войны с Японией Соединенные Штаты Америки решили уничтожить доставшийся им трофейный флот, заодно испытав при этом воздействие атомной бомбы на корабли. С этой целью большая часть японского флота была доставлена в район атолла Бикини (Маршалловы острова), где и был произведен атомный взрыв 1 июля 1946 г.

Когда советским специалистам стало известно о намерениях США, они обратились к Правительству СССР с предложением организовать экспедицию в район взрыва и попытаться взять пробы воды и воздуха, которые могли содержать продукты распада взорванной атомной бомбы. Компетентные органы пошли навстречу ученым, подготовив и подписав соответствующее Постановление Совета Министров СССР. Этим Постановлением организация экспедиции была поручена Академии наук СССР и Военно-морскому флоту СССР. Оставалось назначить начальника экспедиции. В то время изучением взрывов занимался М. А. Садовский, с которым Ю. Д. Буланже был хорошо знаком по совместной работе в СИАНе. Михаил Александрович предложил Юрию Дмитриевичу возглавить эту экспедицию, зная его как хорошего организатора, строгого и вместе с тем заботливого руководителя, способного находить правильные решения в трудных ситуациях. Юрий Дмитриевич согласился

и, по рекомендации М. А. Садовского, был принят Президентом АН СССР академиком С. И. Вавиловым. После непродолжительной беседы вопрос о начальнике экспедиции был решен.

По воспоминаниям Юрия Дмитриевича, на подготовку этой ответственной экспедиции была отведена всего неделя. В составлении программы работ и в подготовке аппаратуры Юрию Дмитриевичу существенную помощь оказали сотрудники Института химической физики АН СССР, где в то время работал М. А. Садовский. Намечались наблюдения за изменением состава атмосферы и многое другое. Экспедиции предстояло взять пробы воды и воздуха на различных глубинах и высотах и на разных расстояниях от эпицентра взрыва.

В район атолла Бикини предполагалось направить несколько кораблей и гидросамолетов ВМФ СССР. Во Владивостоке Ю. Д. Буланже был принят командующим Тихоокеанским флотом адмиралом И. С. Юмашевым. Командующий сразу же созвал Военный совет флота и приказал срочно готовить корабли и гидросамолеты «Каталина». В назначенный срок личный состав экспедиции и все транспортные средства были готовы к выходу в намеченный район. О полной готовности к выполнению поставленной задачи в адрес И. В. Сталина была отправлена шифрованная телеграмма за подписью И. С. Юмашева и Ю. Д. Буланже. Как вспоминал Юрий Дмитриевич, ответ пришел только через два дня. Вот его текст: «экспедицию отменить. сталин».

Впервые Юрий Дмитриевич не сожалел о том, что экспедиция не состоялась. Дело в том, что расстояние до района Бикини таково, что гидросамолетам едва ли хватило бы горючего для возвращения на базу во Владивостоке. Тем самым риску подвергались и техника, и личный состав экспедиции. Не было полной ясности и в том, как отреагируют военные США на появление наших военных кораблей и самолетов в районе взрыва. Одним словом, все мероприятие было крайне рискованным. Тем не менее, все было готово к началу работ, и в этом была немалая заслуга и Юрия Дмитриевича.

Надо отметить, что в то время 35-летний Ю. Д. Буланже имел слабое представление о взрывах и тем более об атомных бомбах.

Большое значение Юрий Дмитриевич придавал обсуждению насущных вопросов гравиметрии. С этой целью в 1944 г. еще в Сейсмологическом институте АН СССР им был организован Общественный семинар по гравиметрии. Регулярные заседания Семинара содействовали развитию гравиметрии в нашей стране. На семинаре обсуждались наиболее интересные теоретические научные исследования, последние инструментальные разработки, результаты полевых измерений во всех областях гравиметрии и, конечно, подготовленные к защите докторские и кандидатские диссертации.

Доклады, которые Юрий Дмитриевич отбирал для сообщения на семинаре, вызывали огромный интерес не только у гравиметристов Москвы, но и у специалистов всех регионов страны. На заседания стали приезжать ученые и производственники со всего Советского Союза, по своему значению он превратился в основной семинар гравиметристов страны, хотя и назывался по-прежнему «Общественным». Некоторые заседания семинара продолжались два и даже три дня. Нередко на семинарах разгорались горячие споры, но Юрий Дмитриевич тактично, не вызывая обиды у оппонентов, переводил спор в спокойное и трезвое обсуждение. Последнее, 337-е заседание Общественного семинара состоялось 26 декабря 1995 г. К сожалению, после ухода Юрия Дмитриевича из жизни никто не смог заменить его в качестве руководителя, и семинар прекратил свое существование.

Нельзя не отметить замечательное качество Юрия Дмитриевича как блестящего организатора научных семинаров, конференций, совещаний и у нас, и за рубежом. Он был человеком исключительно высокой культуры и не терпел парадности и шумихи. Проводя заседания, он всегда особое внимание обращал на существо обсуждаемых вопросов, не терпел многословия и всегда требовал ясного и четкого ответа на поставленные вопросы. Эти

качества снискали ему глубокое уважение не только отечественных, но и многих зарубежных ученых и специалистов.

За успешную научную и научно-организационную деятельность Ю. Д. Буланже был награжден орденом Октябрьской Революции, двумя орденами Трудового Красного Знамени, двумя орденами «Знак Почета» и четырьмя медалями, а также орденами и медалями зарубежных стран, в том числе орденом Трудового Красного Знамени и Большой и Малой золотыми медалями «Майстер Кольо Фичето» НРБ, золотым значком «За заслуги в геодезии и картографии» ПНР, медалью «Советско-китайская дружба» КНР, большой золотой медалью «За развитие геологических наук» ЧССР, медалью «За бескорыстное научное сотрудничество» США, 23 памятными медалями СССР и 8 памятными медалями ГДР. Ю. Д. Буланже автор и соавтор 320 научных, критических и популярных работ, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях, и 16 авторских свидетельств на изобретения.

Огромная научная и научно-организационная деятельность Ю. Д. Буланже была отмечена избранием его в 1966 г. членом-корреспондентом АН СССР по отделению геологии, геофизики и геохимии. Ему присвоены почетные звания: доктора-инженера Дрезденского технического университета (1975 г.), президента Международной ассоциации геодезии (1979 г.), члена Венгерского геодезического общества (1981 г.), доктора Сингапурского университета (1982 г.), доктора Сингапурского технологического института (1982 г.), члена Всесоюзного астрономо-геодезического общества (1990 г.), члена научного общества «Международная ассоциация геодезии» (1991 г.), члена Российской метрологической академии (1993 г.), а также Заслуженного работника геодезии и картографии Российской Федерации (1992 г.).

В истории гравиметрии Ю. Д. Буланже сыграл роль, которую невозможно переоценить. Редкое сочетание таланта, добросовестности, трудолюбия, широкая эрудиция, постоянный поиск и настойчивость в достижении поставленной цели позволили Юрию Дмитриевичу внести значительный вклад в развитие наук о Земле.

По известному выражению Д. И. Менделеева, «наука начинается с тех пор, как начинают измерять». В дополнение к этому, Юрий

Дмитриевич всегда подчеркивал, что результаты измерений только тогда значимы, когда обеспечены метрологически. Этот принцип ему удалось привить гравиметристам нашей страны. Благодаря его усилиям была создана опорная гравиметрическая сеть, обеспечившая измерения силы тяжести на огромной территории СССР. Особое внимание он уделял методам и средствам калибровки гравиметров, считая это необходимым и до, и после измерений.

Юрий Дмитриевич требовал тщательно готовить приборы перед экспедицией и исследовать зависимость их показаний от внешних условий. Его шутка: «любой высокоточный прибор, что бы он не измерял, это прежде всего термометр» – была очень популярна среди сотрудников Юрия Дмитриевича. Каждый результат измерений непременно должен был сопровождаться всесторонней оценкой точности. Именно поэтому Ю.Д. Буланже категорически возражал против представления данных, полученных одним прибором. Даже после появления современных абсолютных гравиметров, воспринятых специалистами за «истину в последней инстанции», Юрий Дмитриевич добился регулярного сличения

этих приборов и опять-таки оказался прав.

Талант общения с людьми и огромные организаторские способности Юрия Дмитриевича способствовали тому, что ему удалось осуществить столь обширные работы, потребовавшие длительных усилий многих людей. Все, кто работал с ним, ощущали на себе его огромное влияние и питали к нему искреннее уважение за научную принципиальность, пунктуальность в выполнении данных обещаний, чуткое отношение ко всем сотрудникам и коллегам по работе. Имя Юрия Дмитриевича Буланже вошло в историю гравиметрии и геодезии и всегда будет с благодарностью вспоминаться его многочисленными учениками, друзьями, коллегами по работе.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ Ю.Д. БУЛАНЖЕ

- Справочник и руководство по гравиметрическим работам. М.;Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1936. 169 с. Соавт. Зверев М. С., Казаков Л. С., Казанский И. А., Молоденский М. С.
- Об обработке маятниковых наблюдений // Геодезист. 1938. № 5. С. 49–54.
- О вычислении ошибок гравиметрической связи двух пунктов // Докл. АН СССР. 1939. Т. 22. № 4. С. 166–170.
- Определение силы тяжести в центральном районе Московской гравитационной аномалии. М.;Л., 1940. (Тр. СИАН; Вып. 91).
- О влиянии сокачания при маятниковых наблюдениях // Геодезист. 1940. № 12. С. 35–42.
- К методике гравиметрических работ. Оценка точности сводной карты Прибельской полосы. Уфа: Башкир. нефт. экспедиция АН СССР, Теорет. отряд, 1943 (литограф. изд.).
- Об осреднении гравиметрических полей // Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз. 1945. Т. 9, № 3. С. 240–260. Соавт. Тихонов А. Н. По поводу вековых изменений силы тяжести // Сов. геология. 1947. № 25. С. 3–7.
- По поводу определения гравиметрических пунктов I класса // Тр. ЦНИИГАиК. Вып. 68. (Исслед. по гравиметрии). М.: Геодезиздат. 1949. С. 105–134.
- Формулы и таблицы для обработки гравиметрических наблюдений. М.: Геодезиздат, 1949. 227 с. Соавт. Михайлов А. А., Парийский Н. Н. О некоторых систематических ошибках кварцевых гравиметров с горизонтальной крутильной нитью // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1952. № 2. С. 31–37.
- Кварцевый гравиметр для определения опорных гравиметрических пунктов // ГЕОФИ-АН. М.: Изд-во АН СССР, 1955. Вып. 30 (157). С. 240–249. Соавт. Попов Е. И. Меж-дународный геофизический год // Вестн. АН СССР. 1956. № 1. С. 3–8.
- Таблицы для обработки наблюдений с гравиметрами ГАЭ-3 и СН-3 (на рус., англ. и кит. яз.). Пекин: Изд-во ГУГК КНР, 1958. 128 с. Соавт. Козьякова К. Я. On secular gravity changes. 1. Internationales Symposium über rezente Erdkrustenbewegungen von 21. bis 26. Mai 1962 in Leipzig, DDR. Berlin: Deutsche Akad. der Wissenschaften, 1962. S. 203–208.
- Вековые изменения силы тяжести // Геофиз. бюл. М.: МГК АН СССР, 1962. № 12. С. 74–80.
- О создании Крымского геофизического полигона для изучения глубинного строения земной коры и современных тектонических движений. // Геофиз. бюл. М.: МГК АН СССР, 1962. № 12. С. 81–84. Соавт. Изотов А. А., Магницкий В. А., Мещеряков Ю. А., Благоволитин Н. С. Морской кварцевый гравиметр // Вестн. АН СССР, 1962. № 5. С. 87–89.
- Исходные гравиметрические пункты в Антарктиде // Геофиз. бюл. М.: МГК АН СССР, 1963. № 13. С. 41–42. Соавт. Авсюк Ю. Н.
- По поводу изучения современных движений земной коры на стационарных полигонах // Современные движения земной коры. Тарту, 1965, № 2. С. 338–343.
- О вековых изменениях силы тяжести // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1971. № 6. С. 57–59. Соавт. Щеглов С. Н.
- Современные движения земной коры // Вестн. АН СССР. 1973. № 9. С. 72–81. Соавт. Никонов А. А. Australian and Soviet Gravity Surveys Along the Australian Calibration Line. Canberra: Dept. of Minerals and Energy, Bur. Mineral Resour, Geol. and Geophys, 1974. Bull. 161. 172 p. Co-authors Wellman

- P., Barlow B. C., Shcheglov S. N., Coutts D. A. Современные движения земной коры // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1974. № 10. С. 19–24. Соавт. Магницкий В. А. Вековые изменения силы тяжести // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1974. № 10. С. 25–32.
- Сводная карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы // Проблемы современных движений земной коры. Четвертый Международный симпозиум, г. Москва, СССР, 1971. Таллин: Валгус, 1975. С. 31–43. Соавт. Выжиковски Т., Выскочил П., Деймлах Ф., Зотин М., Йоо И., Кашин А., Лилиенберг Д., Сетунская Л., Христов В., Энтин И.
- Значение работ академика А. Н. Тихонова для развития геофизики // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1977. № 1. С. 5–9. Соавт. Садовский М. А., Магницкий В. А., Ризниченко Ю. В., Саваренский Е. Ф. Гравиметрическая связь Потсдам–Хельсинки // Результаты высокоточных гравиметрических измерений. М.: Сов. радио, 1977. С. 12–28.
- Новое определение абсолютной величины ускорения силы тяжести в Потсдаме // Gerlands Beitrage zur Geophysik. 1978. Bd. 87, №1. S. 9–18. Соавт. Арнаутов Г. П., Калиш Е. Н., Стусь Ю. Ф., Тарасюк В. Г., Харниш Г.
- The absolute value of gravity acceleration on the A3 point at Sevres // BGI. Bull. d'Inform. Paris, 1978. N42. P. 1.51–1.59. Co-authors Arnautov G., Kalish E., Stus Yu., Tarasiuk V., Stcheglov S.
- Комплексные научные работы Проблемной комиссии «Планетарные геофизические исследования» // Многостороннее сотрудничество академий наук социалистических стран. М.: Наука, 1978. С. 127–138.
- Поправка Потсдамской системы // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1978. № 10. С. 3–12.
- Displacements of the Earth's surface in seismic regions // Studia Geoph. Geod. 1978d. Vol. 22. P. 298–303. Co-author Pevnev A. K. Absolute determinations of gravity in Australia and Papua New Guinea during 1979 // BMR J. of Australian Geology and Geophysics. 1979. Vol. 4. P. 383–393. Co-authors Arnautov G. P., Karner G. D., Shcheglov S. N. Величина силы тяжести на Международном гравиметрическом пункте Ледово // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 1980. № 1. С. 38–44.
- Use of gravity measurements in defining and realizing reference systems for geodynamics. Reference Coordinate Systems for Earth Dynamics // Proceedings 56th Colloquium of the International Astronomical Union held in Warsaw, Poland, Sept. 8–12, 1980. Vol. 86. P. 217–223. Co-authors Pariisky N. N., Pellinen L. P.
- Неприливные изменения силы тяжести // Повторные гравиметрические наблюдения. М.: МГК АН СССР, 1980. С. 4–21.
- Results of comparison of absolute gravimeters, Sevres, 1981 // BGI. Bull. d'Inform. Toulouse, 1983. N 52. P. 97–124. Co-authors Arnautov G. P., Scheglov S. N. Determinations of absolute gravity by GABL gravimeter in Sevres // BGI. Bull. d'Inform. Toulouse, 1983. N 52. P. 125–137. Co-authors Arnautov G. P., Scheglov S. N. О стабильности гравитационного поля Земли // УФН. М.: Наука, 1983. Т. 139, вып. 2. С. 364–365. Соавт. Нестерихин Ю. Е., Парийский Н. Н. Некоторые результаты изучения неприливных изменений силы тяжести // Геотектоника. 1983. № 5. С. 8–19.
- Геодезия и прогноз землетрясений // Современные движения и деформации земной коры на геодинамических полигонах. М.: Наука, МГК АН СССР, 1983. С. 7–10. Соавт. Певнев А. К. Контроль системы IGSN-71 // Докл. АН СССР. 1984. Т. 277, № 2. С. 336–338. Соавт. Арнаутов Г. П., Щеглов С. Н. О локальных пространственно-временных редукциях измеренных значений абсолютной силы тяжести // Доклады АН СССР. 1986. Т. 288, № 5. С. 1085–1090. Соавт. Сагитов М. У. Results of the Second International Comparison of Absolute Gravimeters in Sevres 1985 // BGI. Bull. d'Inform. Toulouse, 1986. N 59. P. 89–103. Co-authors Faller J., Groten E. et al.
- О влиянии газоносности пород на изменения силы тяжести // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1992. № 1. С. 102–106. Соавт. Волгина А. И., Демьянова Т. Е. A Description of the Sea Level and Geodynamic Complex at Shepelevo (Russia, Baltic Sea, Gulf of Finland) // Sea Level Changes: Determination and Effects, Geophysical Monograph 69. Washington: IUGG, AGU. 1992. Vol. 11. P. 113–116. Co-authors Bogdanov V. I., Kalyazin V. E., Troshkov G. A. I Международное сравнение абсолютных гравиметров. Севр, Франция, 1989. М.: НГК РАН 1993. 43 с. Соавт. Щеглов С. Н. Возрождение морских обсерваторий – стратегическая задача фундаментальной науки и практики // Навигация и гидрография (300 лет Российскому флоту). 1996. № 2. С. 22–25. Соавт. Абалакин В. К., Богданов В. И., Медведев М. Ю., Неронов Н. Н., Солодов В. А., Трошков Г. А.

**СВЕДЕНИЯ
ОБ АВТОРАХ**

ЩЕГЛОВ Сергей Николаевич

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
123995, ГСП-5, Москва, Д-242, Б. Грузинская, 10.
Тел. (495) 526-93-36

БОЯРСКИЙ Эрнст Аронович

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
123995, ГСП-5, Москва, Д-242, Б. Грузинская, 10.
Тел. (495) 254-88-25. E-mail: ernst@ifz.ru

АФАНАСЬЕВА Лариса Витальевна

старший научный сотрудник
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,
123995, ГСП-5, Москва, Д-242, Б. Грузинская, 10.
Тел. (495) 254-88-25

YURY DMITRIEVICH BOULANGER **SHCHEGLOV S. N. BOYARSKY E. A. AFANASIEVA L. V.**

(1911-1997) *Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS, Moscow, Russia*

ABSTRACT. For almost half a century Yury Dmitrievich Boulanger, a corresponding member of the Russian Academy of Sciences, remained an acknowledged leader in gravimetry in our country as well as a recognized authority abroad. For many years he was the head of the gravimetry department at the Institute for Physics of the Earth, RAS. Under his leadership high-accuracy geodetic gravimeters GAE and GAG were developed and manufactured; these instruments were used to create the State standard first-class gravity net. Expeditions headed by Yu. Boulanger provided connection of the

domestic standard net with those of the allied countries and with the Global standard net. Owing to Yu. Boulanger's efforts an international gravimetric station Ledovo was founded. Regular support provided by Yu. Boulanger allowed to create the first in the USSR absolute ballistic laser gravimeter GABL and take measurements with this instrument. Yu. Boulanger initiated development and manufacturing of the first in our country automated sea gravimeters AMG and arranged its use for measurements in the World ocean. In 1935 Yu. Boulanger started studying non-tidal gravity variations

and he continued these studies throughout his whole scientific activity. Lots of his publications were devoted to these variations. Also, Yu. Boulanger initiated establishment of geodynamical testing areas, among which the most well-known are those in Garm and Talgar. Yu. Boulanger organized the All-Moscow seminar on the gravimetry (337 sessions!), where specialists from all sides of the country exchanged ideas and results as well as just communicated. Yu. Boulanger was a worthy and efficient representative of our country in a number of international scientific organizations.