

## ПАМЯТИ УЧЕНОГО

**Р. Н. ГАЛЛЬ — ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ И РАЗРАБОТЧИК АНАЛИТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ**

21 мая 2001 г. ушел из жизни замечательный ученый, старейший сотрудник Института аналитического приборостроения РАН, доктор технических наук Ростислав Николаевич Галль. За более чем 50 лет работы в изменяющемся по названию, но одном и том же подразделении отечественной науки — ГСКБ ПГА — СКБ АП — НТО АН СССР — ИАиП РАН — Ростислав Николаевич внес значительный вклад в развитие отечественного научного приборостроения. Коллектив Института и Редакция журнала посвящают эту статью светлой памяти ученого.



Ростислав Николаевич Галль родился 5 января 1928 г. в г. Ленинграде в семье потомственного морского офицера. Однако пойти по стопам отца ему не удалось: в 1937 г. его отец был арестован по ложному доносу (реабилитирован в 1956 г.) и в 1938 г. умер в лагере под Норильском. Ростиславу было тогда 10 лет, но арест отца отразился на всей его дальнейшей жизни.

Во время Отечественной войны Р.Н. Галль работал электриком на оборонном предприятии под г. Горьким. В 1950 г. он закончил спецфакультет ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина) по специальности "гидроакустика", но, хотя он и был одним из лучших студентов выпуска, работы по специальности ему как "сыну врага народа" не нашлось. Несколько месяцев прошло в напрасных поисках работы, пока В.А. Павленко не взял его на работу во вновь созданное ГСКБ приборов газового анализа — поступок по тем временам очень смелый. Но В.А. Павленко никогда не раскаивался в этом, поскольку в лице молодого инженера он получил прекрасного специалиста и достойного соратника, отдавшего делу разработки аналитических приборов всю свою жизнь — 50 лет непрерывной творческой работы.

Инженерную, научную и научно-организационную деятельность Р.Н. Галля можно разделить на несколько этапов, неразрывно связанных с развитием отечественного аналитического приборостроения.

Первый этап — разработка газоанализаторов для металлургической и химической промышленности. В этот период в ГСКБ ПГА были выполнены работы по разработке газоанализаторов для анализа состава газов в конверторном производстве, определения количества водорода в воздухе и др. В 1956 г. по решению Совета Министров часть работ по разработке газоанализаторов была перенесена на Украину, для чего в г. Киеве был организован филиал ГСКБ ПГА. Его организатором и главным инженером был назначен Р.Н. Галль, который в короткое время создал устойчиво работающее предприятие, в дальнейшем преобразованное в Институт аналитических приборов Украины.

Новый период его научной деятельности связан с реализацией Постановления Совета Министров СССР от 25 декабря 1954 г., которым в целях дальнейшего развития разработок и производства в СССР масс-спектрометров эти работы передавались в Ленинград в ГСКБ приборов газового анализа. Пока в ГСКБ ПГА создавались новая научно-исследовательская лаборатория, которой была поручена разработка масс-спектрометрических приборов, и новый специализированный конструкторский отдел, а также велись организационные работы по развитию производства, технологий, метрологического обеспечения, набору и обучению кадров для масс-спектрометрии, Р.Н. Галль, продолжая руководить Киевским филиалом, начал знакомиться с макетными разработками группы проф. Н.Е. Алексеевского из Института физических проблем АН СССР, предложившего для увеличения дисперсии магнитных анализаторов использовать неоднородное магнитное поле.

После окончательного возвращения из Киева в Ленинград в 1957 г. Р.Н. Галль возглавил группу разработки изотопных масс-спектрометров в руководимой А.М. Шерешевским новой масс-спектрометрической лаборатории. Этот период в стране связан с исключительным вниманием, уделяемым "атомному проекту", для которого анали-

тические средства контроля были абсолютно необходимы. Работы Р.Н. Галля в это время связаны с разработкой и промышленным освоением сразу двух типов приборов: в 1958 г. были разработаны приборы МВ2301 и МВ2302 — масс-спектрометры для анализа изотопного состава водородно-гелиевых смесей, а в 1960 г. — масс-спектрометр МИ1306 для анализа урана в твердой фазе.

Приборы типа МВ2302 обладали высокой разрешающей способностью — 5000 на 50 % высоты пиков, — необходимой и достаточной для разделения мультиплетов, характерных для водородно-гелиевых смесей на массах 2, 3 и 4, а также примесей в них вплоть до 200 а.е.м. Приборы были разработаны для Научного центра атомной промышленности (впоследствии известного как Арзамас-16) и до настоящего времени (уже более 40 лет!) используются там по прямому назначению. Приборы были первыми в мире магнитными спектрометрами со столь высокой разрешающей способностью, достигнутой за счет применения неоднородного магнитного поля и исключительно удачной конструкции магнитного анализатора. Прибор МВ2302 выставлялся на Международной выставке в Брюсселе и был награжден золотой медалью

Всего было выпущено 24 масс-спектрометра МВ2302, в том числе 2 на экспорт.

Разработка водородных приборов еще не была завершена, а в 1957 г. уже было начато (и в 1960 г. закончено) проектирование твердофазного уранового прибора — магнитного секторного масс-спектрометра МИ1306 для изотопного анализа окислов и солей урана. Новый масс-спектрометр МИ1306 должен был обладать достаточно высокой разрешающей способностью (до 800 на уровне 10 % высоты пика), рекордной по тому времени изотопической (не хуже  $5 \cdot 10^{-5}$ ) и абсолютной ( $10^{-12}$  г) чувствительностями по урану. Приборов, обладающих такими или близкими к таким параметрами, в то время в мире не было, но Р.Н. Галль, собрав группу талантливой молодежи, не побоялся взяться за решение этой задачи. Во вновь разрабатываемом масс-спектрометре все было "впервые в мире": новый секторный магнитный масс-анализатор с круглыми границами; новый источник ионов с поверхностной ионизацией с трехленточным блоком вместо традиционного двухленточного и с ионной оптикой, фокусирующей в двух направлениях (прообраз будущих транспортирующих систем); новый приемник ионов, позволявший регистрировать ионный ток как в аналоговом, так и в счетном режиме. Входивший в комплект МИ1306 счетчик ионов СИ-01 содержал впервые примененный в масс-спектрометрии вторичный электронный умножитель с открытым входом, диоды которого не изменяли своих свойств при периодическом соприкосновении с атмосферным воздухом, и обеспечивал измерение

ионных токов в интервале  $5 \cdot 10^{-11}$ – $2 \cdot 10^{-18}$  А. Конструктивно СИ-01 являлся автономным устройством, присоединительные размеры которого позволяли использовать его и в масс-спектрометрах других типов. Всего СКБ АП АН СССР и Сумским заводом было изготовлено 234 счетчика ионов, в том числе 3 на экспорт, а масс-анализатор и трехленточный источник ионов масс-спектрометра МИ1306 были впоследствии воспроизведены в приборах "единой серии", длительное время составлявших основу масс-спектрометрического парка страны. Трехленточный источник ионов практически без изменений вошел в состав всех твердофазных масс-спектрометров, в дальнейшем самостоятельно разрабатываемых Сумским заводом электронных микроскопов и масс-спектрометров (теперь — фирма SELMI, Украина) по заказу Минатома, и выпускается этой фирмой до настоящего времени.

Несмотря на успех всех изотопных разработок масс-спектрометров, по которым СССР в шестидесятые годы занимал лидирующее положение в мире, Р.Н. Галль уже в начале шестидесятых годов поставил вопрос о необходимости более глубокого изучения физических процессов, протекающих в масс-спектрометрах различных типов, с тем чтобы при принятии технических решений можно было основываться не на интуиции, а на полученных знаниях. К числу изучаемых эффектов относились физические процессы в системах ввода и испарения анализируемых веществ; процессы ионизации и формирования пучков ионов в источниках, разделения и транспортировки ионов в магнитных и электрических полях; влияние рассеяния ионов на атомах и молекулах остаточных газов. Развивалась теория расчетов многокаскадных масс-анализаторов с учетом влияния краевых полей и случайных неоднородностей магнитного поля в электромагнитах, связанных с технологией обработки железа для электромагнитов. Также развивалась теория юстировки масс-анализаторов, учитывающая обязательность допусков на изготовление деталей и сборку узлов. Из этих работ, впервые начатых под руководством Р.Н. Галля, выросла существующая до настоящего времени в Институте аналитического приборостроения РАН школа математиков-теоретиков, создавшая лучшие в мире методы и программы трехмерного синтеза и анализа масс-спектрометрических приборов.

Новый уровень понимания причин, ограничивающих достижение более высоких, чем уже достигнутые, параметров изотопных масс-спектрометров, позволил группе под руководством Р.Н. Галля в 1961 г. взяться за решение уникальной по сложности масс-спектрометрической задачи, поставленной академиком М.Д. Миллионщиковым. Задача состояла в создании для Института атомных реакторов (г. Мелекесс) исследователь-

ского прибора для обнаружения изотопов элементов, в том числе урана и трансуронов, в количестве до  $10^{-13}$  г, составляющих микропримеси к основному изотопу в соотношении до  $1:10^{-7}$  и ниже.

Для решения этой задачи была впервые в мире предложена ионно-оптическая схема с двойной фокусировкой с обращенной геометрией, т.е. с порядком каскадов М — Е. Даже тот факт, что в такой схеме можно реализовать двойную фокусировку, был в 1961 г. совершенно не очевиден и впервые показан именно Р.Н. Галлем. В 1966 г. в СКБ АП была завершена разработка нового многокаскадного масс-спектрометра МВ3301 с тройной фокусировкой (по двум направлениям и по энергии) для изотопного анализа урана и трансуроновых элементов, показавшего уникальные аналитические характеристики. Кроме нового анализатора для масс-спектрометра был разработан комплекс новых источников ионов, в том числе — источник ионов с поверхностной ионизацией с трубчатым ионизатором и источник ионов с полым катодом, благодаря которым была достигнута рекордная абсолютная чувствительность прибора —  $10^{-14}$  г по урану. Обращенная геометрия ионно-оптической системы за счет существенного сокращения вклада рассеянных ионов позволила достигнуть рекордной же изотопической чувствительности в области урана  $1:10^{-7}$  на соседней массе.

Уникальные параметры, достигнутые при разработке МВ3301, не остались незамеченными ведущими учеными-атомщиками страны. В 1967 г. академик Ю.Б. Харитон — в то время научный руководитель Арзамаса-16 — лично сформулировал коллективу, руководимому Р.Н. Галлем, новую задачу: разработать масс-спектрометр, способный зарегистрировать в пробе микропримеси урана в количествах до 1000 атомов. Решение этой задачи было крайне важно и для экологии, и для обороны страны. В 1977 г. для Арзамаса-16 был разработан изотопный масс-спектрометр МИ3304 и методики анализа нанограммовых проб урана с соотношением изотопов до  $1:10^{-7}$ , уже много лет используемые для проведения сверхчувствительных изотопных измерений.

К этому времени стало ясно, что развитие масс-спектрометрии для химического анализа требует приборов с высокой разрешающей способностью, снабженных быстродействующими системами обработки получаемой информации. Опыт работы с двойной фокусировкой был только у Р.Н. Галля, и именно ему досталась честь завершать разработку первого отечественного масс-спектрометра для структурного анализа МС3301, обладавшего высокой разрешающей способностью до 20 000 и предназначенного для точного определения масс ионов, состава и структуры сложных молекул. В состав масс-спектрометра МС3301 впервые вошла вновь разработанная система обработки ин-

формации РОМБ-1. В дальнейшем все вновь разрабатываемые масс-спектрометры имели в своем составе ту или иную ЭВМ.

В 1974–1975 гг. под руководством Р.Н. Галля была завершена разработка целого ряда изотопных масс-спектрометров с высокими параметрами для нужд атомного комплекса и науки. Это прибор МИ1320 для изотопного анализа твердых веществ с разрешающей способностью до 2000 в диапазоне масс до 500 а.е.м., с точностью измерений отношения  $U^{235}/U^{238}$  в природном уране 0.1 %. Масс-спектрометр МИ1330 для изотопного анализа газов и легко испаряющихся жидкостей ( $T_{кип} < 100^\circ\text{C}$ ), разработанный при участии ИГЕМ АН СССР, пользовался большой популярностью — было изготовлено 65 таких приборов.

Последним из химических масс-спектрометров унифицированного комплекса, разработанных под непосредственным руководством Р.Н. Галля, был МХ1310 — масс-спектрометр с двойной фокусировкой с разрешающей способностью до 100 000 и диапазоном масс до 2600 а.е.м. В 1975 г. на международной выставке в Париже, где его представляла группа во главе с В.А. Павленко, этот прибор получил золотую медаль. Однако в это время основное внимание Р.Н. Галля уже уделялось электронной спектроскопии, поскольку еще в 1971 г. ему было доверено открыть в СКБ новое приборное направление — разработку электронных спектрометров для химического анализа.

В конце 60-х годов получил широкое распространение новый метод изучения электронной структуры — электронная спектроскопия, основанный на получении энергетических спектров электронов, освобождаемых из атомов молекул и твердых тел под воздействием рентгеновского или вакуумного ультрафиолетового излучений.

В 1971 г. решением Совета по научному приборостроению АН СССР перед СКБ аналитического приборостроения была поставлена задача создания комплекса электронных спектрометров различного назначения (КЭС). Р.Н. Галль возглавил работы по этому направлению.

Поскольку к началу разработки в СССР практически отсутствовал опыт создания современных приборов этого типа, работы проводились в два этапа: научно-исследовательская работа, завершившаяся созданием двух действующих макетов (один с ионизацией рентгеновским излучением, второй — с ионизацией вакуумным ультрафиолетовым излучением); опытно-конструкторская работа, в результате которой были созданы электронные спектрометры ЭС2401 и ЭС3201, переданные в серийное производство. Большое внимание при выполнении этих работ под руководством Р.Н. Галля было уделено разработке светосильного энергоанализатора, созданию автоматизированной системы управления прибором и обработки

спектроаналитической информации. Электронные спектрометры ЭС2401 и ЭС3201 были выпущены Экспериментальным заводом научного приборостроения АН СССР (пос. Черноголовка) в количестве 35 штук, хорошо зарекомендовали себя и до сих пор широко используются рядом институтов для решения научных задач.

Кроме того, в 1974–1975 гг. под руководством Р.Н. Галля была выполнена разработка и выпущен действующий макет Оже-электронного спектрометра с призмным энергоанализатором.

В конце 1981 г. Р.Н. Галль назначается научным руководителем разработки отечественных мессбауэровских спектрометров. Это было обусловлено отсутствием в стране приборов, позволяющих проводить фундаментальные научные исследования с применением мессбауэровской спектроскопии. За основу разработки были взяты оригинальные идеи советских ученых, предложивших новый метод исследования ядерного гамма-резонанса — многомерную параметрическую мессбауэровскую спектроскопию. Метод позволял путем введения в схему эксперимента резонансных преобразователей и многократной доплеровской модуляции энергии излучения увеличить разрешающую способность и чувствительность мессбауэровской спектроскопии практически для любого резонансного изотопа, получать систему мессбауэровских спектров для одного и того же образца и тем самым значительно расширить возможности мессбауэровской спектроскопии. За короткий срок по заказу ИХФ АН СССР и ИГГД АН СССР был разработан и изготовлен полностью автоматизированный "Спектрометр Мессбауэра базовый". Опытная эксплуатация приборов у заказчиков и непосредственно в Институте показала уникальные функциональные возможности и технические характеристики спектрометров. Учитывая потребности академических и отраслевых институтов, а также технологических лабораторий в мессбауэровских приборах, Р.Н. Галль выдвинул идею приступить к созданию не имеющего аналогов унифицированного комплекса приборов многомерной параметрической мессбауэровской спектроскопии. Комплекс приборов должен был включать: универсальные мессбауэровские спектрометры (СМ2201 и СМ3201); проблемно-ориентированные мессбауэровские спектрометры (СМ2201 DR и СМ1101 TER; технологические мессбауэровские спектрометры (СМ2101 Turbo, СМ1101С).

Спектрометр СМ2201 был серийно освоен на заводе ЭЗНП РАН (30 приборов) и в настоящее время эксплуатируется в научно-исследовательских и промышленных лабораториях России и за рубежом для решения фундаментальных и прикладных задач. Кроме того, были изготовлены два опытных образца спектрометра СМ3201, а

конструкторская документация передана на серийный завод.

При разработке комплекса приборов на основе анализа требований, предъявляемых к экспериментальной установке; к серийному прибору для научных исследований; к проблемно-ориентированному прибору, предназначенному для решения конкретной фундаментальной задачи, были выработаны основные принципы проектирования.

Основное отличие мессбауэровского спектрометра СМ3201 заключается в том, что в нем применена система трехкратной доплеровской модуляции. За счет новой конструкции доплеровского модулятора и новой системы регулирования, обеспечивающей произвольный закон перемещения резонансных объектов в синхронном и асинхронном режимах, в нем достигнуты более высокие технические характеристики. Значительно усовершенствована также аналитическая стойка прибора.

Сравнение основных метрологических характеристик спектрометра СМ3201 с параметрами лучших в настоящее время спектрометров MSII (WISSEL, ФРГ) и СМ2201, показало, что он обладает более высокими точностными характеристиками, в частности значительно снижены нелинейность скоростной шкалы, скоростной шум и мертвое время на переключение каналов накопления.

Высокочувствительный спектрометр СМ2201 DR предназначен для регистрации мессбауэровских спектров в режимах селективно-индуцированного двойного эффекта Мессбауэра и релеевского рассеяния мессбауэровского излучения в условиях высокого разрешения и чувствительности. В отличие от двух экспериментальных установок имеющихся за рубежом, разработанный спектрометр за счет введения в гамма-оптическую схему эксперимента резонансных детекторов позволяет увеличить чувствительность, точность и сократить время измерения до 10 раз. Спектрометр оснащен двумя системами доплеровской модуляции. Точность настройки на требуемое значение постоянной скорости и отработки заданного закона движения составляет 0.04 %. Спектрометр позволяет сделать новый шаг вперед в исследованиях динамических процессов. Основной областью применения спектрометра является исследование динамических процессов в конденсированных средах, содержащих и не содержащих ядра резонансного изотопа. К ним относятся: парамагнитная, спин-спиновая, спин-решеточная релаксации, диффузия, низкочастотные возбуждения вблизи фазовых переходов, ближний порядок и т.д.

Проблемно-ориентированный спектрометр Мессбауэра СМ1101 TER предназначен для регистрации мессбауэровских спектров при скользящих углах падения, включающих область углов, где происходят процессы полного внешнего отражения. Спектрометр может быть использован для исследо-

вания особенностей взаимодействия излучения с конденсированной средой при скользящих углах падения и для неразрушающего селективного по глубине исследования ультратонких слоев поверхности.

Технологический спектрометр SM2101 Turbo предназначен для проведения экспрессных исследований веществ, содержащих широкий круг изотопов, что достигается введением в гамма-оптическую схему прибора резонансных детекторов и синхронизированного двойного движения. Рекордная чувствительность достигается в эмиссионной геометрии. В геометрии пропускания спектрометр позволяет увеличить спектральное разрешение линий на 27% и чувствительность вплоть до 10 раз и значительно сократить время измерений.

Разработан также компактный мессбауэровский спектрометр SM1101C для технологических применений в лабораториях и заводских условиях, а также в геологических партиях при проведении поисковых работ. Отличительной особенностью прибора является то, что его аналитическая часть минимизирована за счет встраивания детектора излучений внутрь полого штока доплеровского модулятора.

Перейдя в 1986 г. на организационную работу, Р.Н. Галль не терял связи с разработчиками близких ему аналитических приборов, поддерживая и опытных разработчиков, и молодежь. Он активно следил за развитием масс-спектрометрии в мире.

В последние годы Р.Н. Галль продолжал активную научную деятельность. Под его руководством проводится ряд специальных научно-исследовательских работ по измерению и компенсации слабых магнитных полей. Совместно с ФТИ им. А.Ф. Иоффе разработан источник потока атомов углерода, свободного от примесей кластеров углерода. Разработана система транспортировки электронов от ударного пресса до спектрометра для изучения процессов фрактометрии в ФТИ Уральского отделения РАН (г. Ижевск). Совместно с Военно-медицинской академией им. С.М. Кирова и СПб. государственным техническим университетом Р.Н. Галль работал над созданием медицинского масс-спектрометра для изучения и контроля дыхания пациентов в клиниках и операционных.

Однако, как только появилась возможность вновь заняться масс-спектрометрическими разработками — Минатом РФ в 1999 г. принял Программу создания в России замещающего произ-

водства масс-спектрометров для нужд отрасли и пригласил Институт аналитического приборостроения РАН к участию в этой работе, — уже тяжело больной Р.Н. Галль активно включился в работу. Его огромный опыт позволил в кратчайшие сроки создать организационную структуру разработки нового высокопрецизионного масс-спектрометра для изотопного анализа гексафторида урана в обогащающем производстве ядерно-топливного цикла, и он успел увидеть плоды своих трудов — новый отечественный изотопный масс-спектрометр МТИ350Г, превзошедший по своим аналитическим параметрам лучшие зарубежные аналоги.

Ростислав Николаевич Галль — автор более 100 научных трудов и изобретений. Он щедро делился своими знаниями и опытом, читал курс лекций в ЛЭТИ, являлся членом специализированных научных советов по защите кандидатских и докторских диссертаций. Он внес большой вклад в развитие международного сотрудничества в области научного приборостроения, являясь постоянным членом советско-французской рабочей группы, председателем группы по вакуумной технике Международного совета экономического сотрудничества.

Многолетний напряженный плодотворный труд Ростислава Николаевича отмечен государственными наградами — орденом "Знак почета", медалью ордена "За заслуги перед Отечеством" и медалью "За трудовую доблесть".

Он умер так, как мечтает умереть каждый настоящего творческий человек — оставаясь сотрудником своего любимого Института, мечтая продолжить свою любимую работу. Работу, которой он посвятил всю свою жизнь, всю без остатка.

**В.Е. Курочкин, Л.Н. Галль, С.М. Иркаев Н.А. Холин**  
(Институт аналитического приборостроения РАН, Санкт-Петербург)

**А.П. Иванов, В.А. Леднев**  
(ЗАО "СКБ-СПЕКТРОН-АНАЛИТ", Санкт-Петербург)

**Г.С. Медынский**  
(ОАО "Научные приборы")

Материал поступил в редакцию 09.07.2001.