

Краткий очерк научной, педагогической и общественной
деятельности академика Г.А.Месяца

Началом научной деятельности академика Г.А.Месяца можно считать 1957 год, когда он был еще студентом Томского политехнического института (ТПИ)* (сейчас он называется Томский политехнический университет) кафедры техники высоких напряжений. Научное руководство кафедрой осуществлял профессор, ректор ТПИ А.А.Воробьев. Это был прекрасный организатор науки, человек с широким научным кругозором, которого интересовали и ускорители заряженных частиц, и физика твердого тела, и электрические разряды в различных средах, и радиационная физика твердого тела, и высоковольтное оборудование. Г.А.Месяц должен был изготовить и исследовать на кафедре высоковольтный импульсный генератор с наносекундным фронтом. Такой генератор был необходим для исследования динамики развития электрического разряда в твердых диэлектриках. В то время генераторы с напряжением в десятки и сотни киловольт при длительности фронта ~10 нс получали, используя искровые разрядники в сжатом до десятков атмосфер газе. Г.А.Месяцу же было предложено исследовать генератор с разрядником в атмосферной среде, но в условиях большого перенапряжения. Работа эта оказалась очень трудной, т.к. в то время в лаборатории еще не было высокоскоростных осциллографов для регистрации электрических сигналов с таким коротким временем. Г.А. не знал о моделях искры в газе в процессе коммутации тока, которые можно было бы использовать для наносекундного диапазона времени. Работа эта оказалась очень трудной по принципиальным соображениям. Известно, что спектр гармоник наносекундных импульсов распространяется вплоть до сверхвысоких частот. Т.е. для генерирования и передачи таких импульсов необходимо, чтобы применяемая аппаратура обеспечивала широкую полосу пропускания частот и в то же время могла выдерживать высокие напряжения. Особую проблему представляли тут так называемые "паразитные параметры" - индуктивность и емкость. Они были тем больше, чем выше приложенное напряжение. Однако, большие паразитные параметры не позволяли получать наносекундные фронты. В дальнейшем решение данной проблемы было найдено на пути создания распределенных систем формирования и передачи импульсов.

Для изучения проводящихся в СССР работ по созданию высоковольтной импульсной техники Г.А.Месяц в январе 1958 г. был командирован в Москву в лабораторию высоковольтного газового разряда Энергетического института им. Г.М. Кржижановского (ЭНИН), во Всесоюзный электротехнический институт им. В.И. Ленина (ВЭИ), в Московский энергетический институт (МЭИ), в политехнический и энергетический институты, где находились лучшие в СССР высоковольтные лаборатории. Напрямую в этих организациях высоковольтной наносекундной техникой никто не занимался. Однако, некоторые результаты в этой области уже были достигнуты. Так, профессор И.С.Стекольников (ЭНИН) - один из пионеров исследования быстрых процессов в электрических разрядах в газе, много сил отдавший исследованию природы молнии и моделированию грозовых процессов, сделал первые скоростные осциллографы в СССР, которые могли регистрировать время 10 нс. В ЭНИне проводились экспериментальные исследования искр в нормальном воздухе и было показано, что время коммутации тока составляет порядка 10 нс.

Проф. Ф.Ланге познакомил Г.А.Месяца с работами немецких ученых по получению высоковольтных импульсов с крутым фронтом, которые проводились еще Г.Герцем при исследовании электромагнитных волн. Изучение этих работ позволило Г.А. Месяцу в короткий срок дать первый набросок теории получения высоковольтных импульсов с наносекундным фронтом. В этой теории

использовалась модель искры Теплера, в соответствии с которой сопротивление искры было обратно пропорционально протекаемому электрическому заряду. Согласно теории, время коммутации должно быть обратно пропорционально напряженности электрического поля и давлению газа.

Приступая к работе, Г.А. вначале изготовил скоростной осциллограф. Большую помощь ему оказал его научный руководитель профессор Г.А.Воробьев, который до этого уже собирал осциллографы типа первых установок Роговского и использовал их для исследования пробоя твердых диэлектриков. Эксперименты с таким осциллографом показали, что время коммутации уменьшается с ростом напряженности электрического поля значительно быстрее, чем это следовало из теории. Кроме того, была достигнута поставленная в работе задача - создан импульсный генератор с напряжением 30 киловольт и длительностью фронта импульса 3 10 с. В июне 1958 г. Г.А.Месяц защитил по этой теме дипломную работу, определившую всю его дальнейшую научную деятельность: почти все научные результаты Г.А. были получены с использованием высоковольтных наносекундных импульсов. Кроме того - сама эта техника была и остается для Г.А.Месяца на протяжении многих лет предметом усовершенствования и развития.

После окончания ТПИ Г.А. было предложено поступить в аспирантуру, чтобы продолжить начатую работу. Надо сказать, что в то время это было необычной практикой, т.к. для поступления в аспирантуру требовалось два года отработать на производстве. Однако ученый совет электроэнергетического факультета ТПИ рекомендовал его в виде исключения, учитывая его отличные оценки, а также очень хорошие результаты, полученные в дипломной работе. Обучение в аспирантуре Г.А. проходил в НИИ ядерной физики (НИИЯФ) при ТПИ, основанном в Томске в 1958 г.

Первой научной публикацией Г.А.Месяца были тезисы доклада Всесоюзной конференции по газовой электронике, проходившей в Московском государственном университете осенью 1958 г. Сам доклад был опубликован в журнале "Радиотехника и электроника" в 1959г. Интерес к конференции был очень большой. фактически это была международная конференция, т.к. на нее приехали ученые из США, Англии, Франции и других стран. Обзор своих первых исследований Г.А. опубликовал в коллективной монографии "Высоковольтное испытательное оборудование и измерения" (1960) в разделе "Получение импульсов высокого напряжения с крутым фронтом".

В 1961г. Г.А. Месяц защитил кандидатскую диссертацию на тему "Разработка и исследование высоковольтных наносекундных импульсных устройств с искровыми разрядниками". В ней были представлены результаты, оказавшие большое влияние на дальнейшее развитие техники мощных наносекундных импульсов. Для расчета формы фронта импульса была использована модель искры Ромпе-Вайцеля, которая давала лучшее совпадение с экспериментом. Была доказана обратно пропорциональная зависимость длительности фронта импульса от давления газа в области правой ветви кривой Пашена при атмосферном давлении газа (микропромежутки), а также в дальней левой ветви кривой Пашена. Была показана возможность получения наносекундного фронта импульса при использовании разрядников с твердым диэлектриком. Были разработаны делители напряжения для высоковольтных наносекундных импульсов. Наконец, самое важное - были созданы первые действующие образцы высоковольтных наносекундных импульсных генераторов для физических исследований (пробой диэлектриков, высокоскоростная фотография, управление ячейкой Керра и т.д.).

В 1962 г. Г.А.Месяц сразу избирается старшим научным сотрудником НИИ ЯФ в секторе наносекундной импульсной техники и высоковольтных аппаратов, который возглавлял профессор Г.А.Воробьев. Он активно работает по усовершенствованию высоковольтных наносекундных импульсных устройств, а также использует эти устройства для исследования вакуумного разряда, разряда в жидкостях и газах, для задач квантовой электроники, для создания искровых камер и т.д. В частности, при исследовании импульсного пробоя жидкости в 1962г.

было показано, что при длительности импульса 10^{-10} с электрическая прочность дистиллированной воды выше, чем у трансформаторного масла. То обстоятельство, что диэлектрическая проницаемость воды почти в 40 раз выше, чем у трансформаторного масла, дало возможность в дальнейшем использовать водяные накопители энергии для создания наносекундных импульсных генераторов с большим током (до 10 А).

В это время вокруг Г.А.Месяца сформировалась группа аспирантов, инженеров и студентов выпускников различных кафедр ТПИ (Ковальчук Б.М., Бугаев С.П., Усов Ю.П., Бычков Ю.И., Кремнев В.В., Бакшт Р.Б., Проскуровский Д.И., Загулов Ф.Я. и др.). Ими были получены новые научные результаты, была реализована предложенная Г.А. идея обостряющей емкости, когда малоиндуктивная емкость (конденсатор с водяной или масляной изоляцией) заряжается от импульсного наносекундного источника напряжения, а затем емкость разряжается через быструдействующий разрядник. Эта идея была защищена авторским свидетельством от 19.07.62. Сейчас такая схема используется во всем мире для получения мощных наносекундных импульсов. Генераторы Маркса с обостряющей емкостью использовались при разработке первых в мире стримерных камер для регистрации треков заряженных частиц. В 1963 г. были разработаны первые в СССР системы для модуляции добротности рубиновых лазеров. В этих системах основную роль играли генераторы наносекундных высоковольтных импульсов, разработанные группой Г.А.Месяца в НИИ ЯФ. Все эти работы проводились в тесном сотрудничестве с ФИАН СССР (А.М.Прохоров, Н.Г.Басов), МГУ (Р.В.Хохлов), ИРЭ АН СССР (Н.Д.Девятков), Институтом физики АН АрмССР (А.И.Алиханов).

В эти годы Г.А.Месяц предложил использовать для укорочения фронта ферритовый вентиль, представляющий собой ферритовый торр, намагниченный в сторону, противоположную той, в которую он будет намагничиваться проходящим импульсом. Были созданы первые вакуумные обострители с разрядом по поверхности диэлектрика в вакууме, которые позволили получать фронт импульса 10^{-10} с. Были также созданы многозачорные коммутаторы и обострители с микропромежутками, разработаны методы трансформации и умножения напряжения. Благодаря работам Г.А. и его сотрудников техника генерирования мощных наносекундных импульсов сформировалась как самостоятельное научное направление. Эти работы были обобщены Г.А. в монографии "Техника формирования высоковольтных наносекундных импульсов" (соавт. Воробьев Г.А., 1963), а в последующем в докторской диссертации "Исследования по генерированию наносекундных импульсов большой мощности", которая была успешно защищена в декабре 1966 г. в ТПИ. В последующем Г.А. постоянно возвращался к проблемам наносекундной импульсной техники. Например, этой проблеме были посвящены монографии "Формирование наносекундных импульсов высокого напряжения" (соавт. Кремнев В.В., Насибов А.С., 1970) - позже книга была издана в США и в Китае, "Генерирование мощных наносекундных импульсов" (1974), и "Методы умножения и трансформации импульсов в сильноточной электронике" (соавт. Кремнев В.В., 1987).

Необходимо отметить, что в докторской диссертации, кроме электротехнических исследований, было два результата, которые в последующем вылились в самостоятельные научные направления. Первый результат касался импульсного вакуумного разряда, второй - газового. Вопреки, казалось бы, хорошо установленному американскими и английскими учеными факту, что вакуумный разряд начинается с анода, было показано, что в течение первых 10^{-10} с свечение появляется на катоде. Обнаружение данного явления стало возможным благодаря применению при фотографировании разряда электронно-оптических систем с усилением света в 10^4 раз. Этот результат был получен Г.А. совместно с С.П.Бугаевым, Д.И.Проскуровским и А.М.Искольдским. С другой стороны, Г.А. совместно с Г.М.Кассировым еще раньше показал, что время коммутации вакуумного промежутка растет линейно с длиной промежутка, а отношение длины промежутка ко времени коммутации составляет $\sim 10^8$ см/с. Этот результат говорил о том, что в процессе коммутации в вакуумном промежутке происходит движение проводящей среды - плазмы. Однако, основываясь на старых

данных, Г.А. вначале считал, что это движение плазмы с анода на катод. Электронно-оптические исследования изменили понимание этого процесса. Стало ясно, что коммутация - это движение катодной плазмы. Кроме того, Г.А.Месяц доказал, что эта плазма образуется за счет микровзрывов на катоде, обусловленных джоулевым разогревом микроострий током автоэлектронной эмиссии. То, что такой процесс может иметь место, было убедительно доказано в работах американских и советских ученых (У.Дайка, М.И. Елинсона, И.П.Сокольской) по автоэлектронной эмиссии при больших плотностях тока $10 - 10 \text{ А/см}$. (Но самый интересный вывод Г.А. состоял в том, что в процессе движения плазмы с катода на анод она эмиттирует электроны. Это явление он назвал взрывной эмиссией электронов (ВЭЭ). При этом ток ВЭЭ в сотни и более раз может превосходить автоэлектронный ток, который инициирует микровзрыв. Это явление наблюдалось не только в чисто вакуумном разряде, но и при разряде по поверхности диэлектрика в вакууме. При этом, как было показано в работе Г.А., в тройной точке металл-диэлектрик-вакуум происходит микровзрыв поверхности металла, что сопровождается интенсивной ВЭЭ. На этом принципе были сконструированы металло-диэлектрические катоды для получения килоамперных электронных пучков. На такой тип катода было получено авторское свидетельство с приоритетом от 05.11.67. В 1976 г. явление взрывной электронной эмиссии было признано открытием с приоритетом от 1966 г. Это открытие положило начало новому направлению в науке - сильноточной эмиссионной электронике.

В 1967 г. в ияф группой Г.А.Месяца был создан первый в СССР сильноточный импульсный ускоритель электронов с током 10 кА , энергией электронов 500 кэВ и длительностью импульса 25 нс . Этот ускоритель, созданный независимо от американских и раньше них, имел другую конструкцию и схему. У американцев коаксиальная накопительная линия заполнялась газом или трансформаторным маслом и заряжалась от генераторов типа Ван Де Граафа или Маркса. Диод содержал острый катод. В первом советском ускорителе коаксиальная линия заполнялась глицерином и заряжалась от высоковольтного импульсного трансформатора. Диод содержал металлодиэлектрический катод. Примечательно, что советский ускоритель в отличие от американских был сразу готов работать в импульсно-периодическом режиме.

Интересной является судьба второго важного научного результата докторской диссертации Г.А. - открытия объемных газовых разрядов высокого давления (ОГР). Суть открытия в следующем. Было доказано, что при высоких электрических полях (в два и более раза выше Пашеновского) разряд в газе при атмосферном давлении и более не является стримерным, т.к. время его формирования на порядок превосходило то, которое следовало ожидать из стримерной теории. Это, на первый взгляд, противоречило всем экспериментальным результатам, включая классическую работу американца Флетчера, в которой время измерялось с точностью до 10 с . После тщательного анализа работы Флетчера Г.А.Месяц показал, что в его экспериментах число электронов, инициирующих разряд, было не менее 10 штук, а не единицы, как должно было быть по стримерной теории. Это привело Г.А. к мысли о существовании в перенапряженных газовых промежутках двух типов разрядов: с одноэлектронным инициированием и с многоэлектронным инициированием. При больших произведениях длины промежутка d на давление p ($pd \sim 0,1-1 \text{ атм см}$) и небольших перенапряжениях ($10-20\%$) одноэлектронное инициирование приводило к стримерному пробое. Если перенапряжение увеличивалось, то число электронов, ионов и фотонов в критической лавине становилось малым и переход лавины в стример затруднялся. При этом разряд переходил в состояние, которое Г.А. назвал лавинно-цепным.

Однако самый большой практический интерес представлял разряд с многоэлектронным инициированием. Такой разряд имел два уникальных свойства. Во-первых, если число инициируемых электронов было выше некоторого порогового, то весь ток разряда мог обеспечиваться за счет движения лавин электронов. При перенапряжениях 100% и более время роста тока могло составлять очень малую величину порядка 10 с при токах в десятки и более

килоампер. Это в последующем, благодаря работам Г.А.Месяца и Б.М.Ковальчука, привело к созданию сверхбыстрых лавинных газовых коммутаторов со скоростью роста тока до 10^{-10} А/с.

Второе свойство такого разряда состоит в том, что при высоком давлении (1-10 атм) газов (воздух, азот, водород и других), этот разряд имеет объемный характер, наподобие тлеющему разряду, однако при давлениях в сотни раз больших. Напомним: ток в обычных разрядах высокого давления протекает через узкий разрядный канал. Открытие ОГР было крупным событием в физике газового разряда, т.к. открывалась новая возможность для создания мощных импульсных газовых лазеров, плазмотронов, коммутаторов и т.д. Большую роль в исследовании ОГР сыграли Ю.И.Бычков и Ю.Д.Королев.

Особенно большое значение в технике мощных лазеров имело обнаружение ОГР с инжекцией в газ электронов от внешнего источника. Исследование показало, что, инжектируя электронный пучок в газ, можно иметь два режима разряда. Первый, когда электрическое поле выше Пашеновского. В этом случае нужен малый ток электронов, т.к. основную роль в разряде будет играть лавинное размножение электронов. Второй режим осуществлялся при электрическом поле ниже Пашеновского. В этом случае ток разряда обусловлен ионизацией газа инжектируемыми электронами. Иногда это явление называют объемным газовым разрядом (ОГР). В 1986 г. было зарегистрировано научное открытие под названием "Закономерность воздействия внешнего ионизирующего излучения на процесс развития импульсного разряда высокого давления в сильно перенапряженных газовых промежутках" с приоритетом от 16.09.66, когда был опубликован автореферат докторской диссертации Г.А.Месяца.

Таким образом, в докторской диссертации Г.А. Месяца было заложено три крупных научных направления: собственно генерирование мощных наносекундных импульсов; сильноточная эмиссионная электроника и мощные электронные пучки на базе взрывной эмиссии электронов; газовая электроника и импульсные газовые лазеры на базе объемных газовых разрядов высокого давления.

В 1967 г. Г.А. становится руководителем сектора в НИИ ЯФ. В сектор пришли новые талантливые ученые Королев Ю.Д., Литвинов Е.А., Ельчанинов А.С., Баженов Г.П., Пучкарев В.Ф., Хмыров В.В. и др. Это было очень плодотворное время для Г.А. и его группы. Были созданы наносекундные

ускорители электронов с одиночными импульсами, а затем импульсно-периодические с использованием трансформатора Тесла, осуществлен объемный разряд в азоте при давлении до 15 атмосфер с инжекцией в газ пучка электронов, разработаны новые типы быстродействующих многоазотных высоковольтных газоразрядных обострителей, впервые идентифицирована и исследована взрывная эмиссия электронов, установлен механизм разряда в коротких вакуумных промежутках, в основе которого лежала ВЭЭ. В 1968 г.

Г.А. был приглашен в Париж на III Международный симпозиум по электрической изоляции и разрядам в вакууме.

Он сделал приглашенный доклад об исследовании быстропотекающих процессов в вакуумном разряде, в котором был продемонстрирован взрывной катодный механизм вакуумного разряда и показано, что эмиссия электронов является начальной фазой вакуумного разряда, т.е. ВЭЭ, а не автоэлектронной эмиссией, как считали все исследователи ранее. После этого доклада работы Г.А. и его группы получили широкую известность за рубежом. В 1970 г. Г.А. пригласили с обзорным докладом на симпозиум по этой же тематике в Ватерлоо (Канада), а в 1971 г. на Международную конференцию по явлениям в ионизованных газах в Оксфорд, где он сделал приглашенный доклад на тему "Роль быстрых процессов в вакуумном пробое". Можно с уверенностью сказать, что после этого доклада окончательно утвердилось его концепция катодного механизма импульсного вакуумного разряда на основе ВЭЭ. На конференции в Оксфорде Г.А. сделал также два доклада по ОГР: один с многоэлектронным иницированием, а другой - по разрядам с инжекцией электронов в газ. В 1968 г. Г.А. совместно с Б.М.Ковальчуком, С.П.Бугаевым, В.В.Кремневым был удостоен премии Ленинского

комсомола за разработку методов генерирования мощных наносекундных импульсов. В то время это была очень престижная премия для молодых ученых в возрасте до 33 лет.

В 1968-1971 г.г. резко возрос интерес к мощным электронным пучкам. Во-первых, многие ученые стали обсуждать возможность использования мощных сфокусированных электронных пучков для эффективного нагрева термоядерной мишени. Эта идея была высказана независимо в СССР академиком Е.К.Завойским и в США профессором Ф.Винтенбергом. Для этого требовались электронные пучки с плотностью тока более 10 А/см с энергией в сотни килоджоулей и более. Во-вторых, в это время вновь возрос интерес к идее академика В.И.Векслера о коллективном ускорении ионов. Для этого необходимы были сгустки электронов, которые захватывали бы ионы и ускоряли их до скорости, сравнимой со скоростью электронов. Это приводило к увеличению энергии электронов из-за большей массы ионов. В-третьих, в это время уже была в основном ясна идея создания мощных газовых лазеров с накачкой электронными пучками. Впервые генерация СО-лазера атмосферного давления с разрядом с ОГР, поддерживаемым пучком электронов, была осуществлена группой академика Н.Г.Басова в 1971 г.

Это ставило все новые задачи перед группой Г.А.Месяца, которая получала все новые предложения на научные разработки. В частности, в декабре 1969 г. в Институте атомной энергии им.И.В.Курчатова состоялось заседание Совет по физике плазмы АН СССР, посвященное проблеме управляемого термоядерного синтеза с использованием мощных электронных пучков, где Г.А. выступил с докладом. После этого заседания была начата программа "Ангара", и группа Г.А. получила задачу участвовать в разработке первой очереди этой программы. НИИ ЯФ в то время не проявлял большого интереса к этой проблеме, так как там имел свои программы. Поэтому встал вопрос, где эти работы расширить. В 1969 г. Г.А.Месяц получил предложение перейти всей группой на работу в создаваемый в Томске Институт оптики атмосферы Сибирского отделения АН СССР (ИОА). В 1970 г. на базе сектора наносекундной техники НИИ ЯФ в ИОА был создан отдел сильноточной электроники в составе трех лабораторий: импульсной техники под руководством Б.М.Ковальчука, физической электроники под руководством С.П.Бугаева и лазерной техники под руководством Ю.И.Бычкова. Руководителем отдела был назначен Г.А.Месяц. Он же стал заместителем директора ИОА.

Это было трудное время, т.к. новый институт еще не имел помещений, а старый (НИИ ЯФ) считал группу уже чужой. Было время, когда отдел размещался в 17 местах города, зачастую в подвальных и полуподвальных помещениях. Тем не менее работа не останавливалась. Особо следует отметить ту помощь, которую в это время оказывал Е.К.Лигачев, в то время первый секретарь Томского обкома КПСС. Он хорошо знал проблемы науки, был лично знаком со многими крупными учеными, понимал исключительно важную роль нового научного направления, которое возникло в Томске, и всячески поддерживал его. Большая помощь была оказана и со стороны Института АСУ и радиоэлектроники (ТИАСУР), возглавляемого ректором, профессором И.П.Чучалиным, который хорошо знал и ценил работы Г.А. еще в свою бытность директором НИИ ЯФ. За время существования отдела была проделана большая работа. Например, в области импульсной техники были созданы импульсные генераторы с зарядкой линии от трансформатора "Тесла", встроенного в линию; разработаны генераторы субнаносекундных импульсов тока для питания полупроводниковых лазеров; совместно с ТПИ (Котов Ю.А.) созданы микропроволочные прерыватели тока; разработан быстродействующий импульсный генератор Маркса в сжатом газе; вместе с ТПИ (Д.И.Вайсбурд) проведены первые работы по радиационной физике твердого тела с использованием сильноточных наносекундных электронных пучков. Продолжалось исследование свойств ВЭЭ: были установлены закономерности уноса массы с катода, исследованы свойства катодной и анодной плазмы, показана справедливость закона Чайльда-Ленгмюра для тока ВЭЭ, разработана теория различных стадий ВЭЭ от момента взрыва до замыкания промежутка катодной и анодной плазмой. Продолжалось создание электронных ускорителей и

исследование электронных пучков. Были впервые получены широкоапертурные пучки с энергией до 500 КэВ при рекордной длительности более 1 микросекунды. Был создан ускоритель "Маус", на котором были получены килоамперные электронные пучки длительностью 10 с. Было исследовано поведение взрывной эмиссии электронов во внешнем магнитном поле и установлены эффекты, названные позже магнитной изоляцией. Были радикально усовершенствованы импульсно-периодические ускорители типа "Синус". Были созданы ускорители электронов типа "Пучок", которые широко использовались для работ по релятивистской сверхвысокочастотной электронике (ФИАН, ИФАН, МГУ).

В 1976 г. под руководством Г.А.Месяца в Новосибирском Академгородке был организован VII Международный симпозиум по электрической изоляции и разрядам в вакууме. На симпозиум приехали не только специалисты по вакуумному разряду, но и те, кто занимался проблемой сильноточных ускорителей и их применения. В частности, были представлены почти всех крупнейших лабораторий США, занимающихся этой проблемой (Сандия, Ливермор, Максвелл лаб., Физиксинтернешнл, Лос Аламос и другие). Симпозиум значительно укрепил авторитет группы Г.А. в мире и расширил ее международные научные связи.

Большой прорыв был сделан в области исследования ОГР, которые были необходимы для накачки лазеров. Совместно с ТПИ (О.Б.Евдокимов) было проведено моделирование свойств плазмы в газовом промежутке с электрическим полем, когда в промежуток инжектируется электронный пучок. Было найдено несколько неустойчивостей, которые переводили объемную фазу разряда в канальную. В частности, этому способствовал объемный заряд термализованных электронов, а также неоднородность ионизации газа, которые возникали из-за наличия в энергетическом спектре электронов низкоэнергетической компоненты. Было также показано, что в перенапряженных промежутках в развитии неустойчивостей большую роль играет состояние поверхности катода. Из-за микровыступов на катоде и диэлектрических загрязнений возникает ВЭЭ, которая способствует локализации разряда и его переходу из объемной в канальную стадию.

Много интересных разработок было сделано в отделе, возглавляемом Г.А., по созданию мощных газовых лазеров. Были созданы импульсные азотные лазеры ультрафиолетового диапазона. Было разработано несколько типов СО-лазеров, в том числе такие, как ЛАД-1 и ЛАД-2 с энергией в пучке 500 джоулей и 5 килоджоулей. В них использовалась накачка активного объема лазера пучком электронов от ускорителя на основе генератора Маркса и широкоапертурного диода на основе ВЭЭ. В эти годы Г.А.Месяц пишет и издает ряд монографий и сборников статей, обобщающих проведенные исследования. Среди них монография "Генерирование мощных наносекундных импульсов" (1974), в которой впервые был дан обзор работ группы Г.А. по сильноточной электронике и импульсным ускорителям электронов. Позже эта книга была переведена в США, Китае и Японии. Г.А. участвует в написании коллективной монографии "Некалываемые катоды" (1974) где пишет раздел по ВЭЭ. Под редакцией Г.А.Месяца и в его соавторстве издаются сборники "Мощные наносекундные импульсные источники ускоренных электронов" (1974) и "Разработка и применение источников интенсивных электронных пучков" (1976).

В 1977 г. на базе отдела сильноточной электроники ИОА был создан Институт сильноточной электроники СО АН СССР (ИСЭ), директором которого стал Г.А. Месяц.

С созданием Института у Г.А. начались новые заботы. В частности, не хватало специалистов по физике плазмы. Поэтому было решено, с одной стороны, открыть кафедру физики плазмы в Томском госуниверситете (ТГУ), которую возглавил Г.А.Месяц, а с другой - заключить соглашение с Новосибирским госуниверситетом о направлении в Томск в ИСЭ способных молодых людей. Многие из них позже стали крупными учеными.

В ИСЭ, кроме традиционных работ по ВЭЭ, ОГР, газовым

лазерам и ускорителям электронов, по инициативе Г.А. были начаты исследования в области релятивистской СВЧ-электроники, импульсной рентгенотехники, радиационной физики твердого тела, электрического взрыва проводников, технологического применения электронных и ионных пучков. В импульсной же технике основной упор был сделан на поиски методов быстрого обрыва тока и создание генераторов с индуктивным накопителем энергии. Релятивистская СВЧ-электроника является советским изобретением. Оно стало возможным благодаря созданному группой Г.А. сильноточных ускорителей электронов. Первая работа в этой области была сделана группами ФИАНА и ИФАН (под руководством академиков А.В.Гапонова-Грехова и А.М.Прохорова) в 1973 г. В ней было показано, что при пропускании пучка электронов в несколько килоампер длительностью в десятки наносекунд через соответствующую электродинамическую структуру можно получить когерентное излучение с мощностью 10 и более Вт при длине волны ~3 см.

Г.А. Месяц предложил вести эти работы по трем направлениям: исследование ВЭЭ в диодах с магнитной изоляцией и влияние на ВЭЭ магнитного поля; создание компактных СВЧ-систем миллиметрового диапазона волн; создание импульсно-периодических СВЧ-систем на базе ускорителей "Синус". Кроме того, начатые совместно с МГУ работы по многоволновым СВЧ-системам позволили впоследствии получить на установке "Гамма" рекордное СВЧ-излучение (15 10 Вт). Фактически была поставлена задача достичь успеха в этой области создавая свои пути решения проблемы. Этот подход оправдал себя. Была изучена физика работы магнитоизолированных диодов и установлен "эффект экранировки" - зависимость числа эмиссионных центров ВЭЭ от магнитного поля. Были созданы также настольные СВЧ-устройства с длиной волны 4-8 мм при мощности СВЧ-излучения 10 Вт и более и длительности импульсов 3-4 нс. Наконец, был разработан импульсно-периодический СВЧ-генератор с длиной волны 3 см, длительностью импульса 5 нс и частотой импульсов 100 гц при мощности в импульсе до 10 Вт.

Были разработаны компактные рентгеновские аппараты с длительностью импульсов 10 -10 с на основе установки "Радан", созданной В.Г.Шпаком. Г.А.Месяц развил теорию генерирования импульсов рентгеновского излучения на базе теории ВЭЭ. За работы по исследованию взрывной эмиссии электронов и созданный на их основе новый класс рентгеновских аппаратов Г.А. с группой ученых Москвы и Ленинграда в 1978 г. был удостоен Государственной премии СССР. А в марте 1979 г. Г.А. был избран членом-корреспондентом АН СССР.

Поиски эффективных прерывателей тока можно назвать одной из главных задач техники мощных наносекундных импульсов. Первой идеей, развитой Г.А. совместно с Ю.А.Котовым было использовать прерыватели с набором микронных проводников, взрывающихся при достижении током определенной величины. Вторая - идея инжекционного тиратрона - была развита Г.А.совместно с Б.М.Ковальчуком, и состоит в том, что в газоразрядный промежуток, к которому приложено электрическое поле, инжектируется электронный пучок. Это приводит к протеканию тока в промежутке, который можно прервать, прекратив инжекцию электронов. Эта идея, высказанная Г.А. на I Международной конференции по мощной импульсной технике (1976 г., Лаббок, Техас), стала очень популярной, однако к успеху не привела.

Следующая идея, состояла в использовании специально приготовленной плазмы при создании прерывателей тока. Это так называемые плазменные эрозионные прерыватели тока. Впервые резкое возрастание сопротивления плазмы при протекании импульса тока наблюдал в СССР А.А.Плютто и его сотрудники. Позже этот эффект использовался в ряде лабораторий США для обострения фронта импульса от 10 с до 10 с. Г.А.Месяц и Б.М.Ковальчук предложили использовать это устройство в качестве прерывателя тока в цепях со временем нарастания 10 с. Это позволяло использовать генераторы Маркса одновременно в качестве первичного накопителя энергии, каковыми являются его конденсаторы, и вторичного, в

качестве которого выступает индуктивность разрядного контура. Эта идея была успешно реализована в ИСЭ, что позволило создать установки ГИТ-4 и ГИТ-8 с током 3 и 6 миллионов ампер, которые сейчас успешно функционируют в экспериментах по взрыву лайнеров и получению мощных импульсов мягкого рентгеновского излучения. Г.А. высказал и реализовал ряд идей по технологическому применению импульсных пучков электронов для отверждения лаковых покрытий, склеивания деталей, стерилизации медицинских инструментов, в плазмохимических технологиях, в технологии изготовления полупроводниковых изделий и т.д. В это время Г.А. публикует целый ряд монографий и сборников: "Автоэмиссионные и взрывные процессы в газовом разряде" (соавт. Королев Ю.Д., 1982); "Импульсный электрический разряд в вакууме" (соавт. Проскуровский Д.И., 1984) - в 1989 г. эта книга была переведена на английский язык; "Инжекционная газовая электроника" (совм. с др. 1982); "Мощные наносекундные импульсы рентгеновского излучения" (соавт. Иванов С.А., Комяк Н.И., Пеликс Е.А., 1983). Кроме того, под его редакцией и при авторском участии были опубликованы сборники "Сильноточные импульсные электронные пучки в технологии" (1983); "Эмиссионная сильноточная электроника" (1984); "Импульсный разряд в диэлектриках" (1985). В декабре 1984 г. Г.А. избирают действительным членом АН СССР по отделению общей физики и астрономии.

Осенью 1985 г. Г.А. Месяц возглавляет Уральский научный центр АН СССР. Он приглашает в Свердловск 25 ученых, специалистов, чтобы организовать новый институт. Все они впоследствии возглавили лаборатории в созданном в июле 1986 г. Институте электрофизики (ИЭФ), директором которого был утвержден Г.А. Месяц.

Необходимо отметить, что в создании Института электрофизики большую помощь оказал Н.И. Рыжков, который был председателем Совета Министров СССР, и председатель ГКНТ Г.И. Марчук. Очень большую поддержку оказывал также Ю.В. Петров, который в то время был первым секретарем Свердловского обкома КПСС. Он помог начать строить корпус института, оказал содействие в выделении квартир вновь приехавшим ученым.

Предполагалось, что новый институт будет создан для расширения работ, проводимых в ИСЭ, но их без дублирования. Г.А. оставался научным руководителем ИСЭ, директором которого стал С.П. Бугаев. В ИЭФ были развернуты работы по компактной импульсной технике (ускорители, СВЧ-устройства, рентгеновские аппараты), использованию электронных и ионных пучков для поверхностной модификации свойств металлов, по исследованию взрывной эмиссии электронов и вакуумной дуги, по получению субдисперсных порошков металлов путем электрического взрыва проводников, по исследованию электрического пробоя твердых диэлектриков, по лазерной физике и технике и нелинейной оптике, по физике электрического разряда в газах применительно к газовым лазерам и очистке газов от вредных окислов и т.д.

В это время Г.А. выступил с рядом инициатив, которые были успешно реализованы. Так, он предложил использовать эмиссионные методы для исследования свойств высокотемпературных сверхпроводников, импульсные пучки электронов для очистки газов от вредных окислов. Исследования (Ю.Н. Новоселов) показали, что энергетическая эффективность такой очистки почти на порядок выше, чем при стационарных пучках. Он активно поддержал предложение Ю.А. Котова и С.Н. Рукина по исследованию возможности применения силовых кремниевых диодов для быстрого обрыва тока. Эта работа завершилась обнаружением так называемого SOS-эффекта и созданием нового класса полупроводниковых прерывателей тока.

Однако наибольшие усилия Г.А. продолжал прилагать к изучению взрывной эмиссии электронов. Он пришел к выводу, что ток электронов в процессе ВЭЭ испускается отдельными порциями (~10⁻¹⁰ -10⁻¹¹ штук), названными им эктонами, которые являются электронными лавинами из поверхности металла, образуемыми в результате разогрева микроучастков катода при их взрыве. Затем эти микроучастки охлаждаются за счет теплопроводности и других процессов, что ограничивает протекание тока во времени (~10⁻¹⁰ с). Используя идею эктонов, Г.А. развил новую теорию катодного пятна

вакуумной дуги. Он убедительно доказал, что катодное пятно это типичный эктонный эффект. Проблеме эктонов и их роли в электрофизике посвящена его 3-х-томная монография "Эктоны" (1993-1994 г.г.) Кроме того, им были опубликованы монографии "Физика импульсного пробоя газов" (соавт. Королев Ю.Д., 1991) и "Импульсные газовые лазеры" (соавт.Осипов В.В.,Тарасенко В.Ф., 1991). Последняя книга была переведена на английский язык и издана в издательстве SPEI-Press в США в 1995 г. Г.А. участвовал также в написании коллективной монографии "Применение мощных СВЧ импульсов", изданной в США в 1994 году в издательстве "Artech House".

Необходимо отметить, что оба института, созданные Г.А. - ИСЭ в Томске и ИЭФ в Екатеринбурге - и сейчас успешно работают и активно участвуют во многих российских и международных программах.

Наряду с научной Г.А.Месяц ведет большую педагогическую деятельность. Им подготовлено более 50 кандидатов и более 20 докторов наук. Ряд его учеников избран академиками и членами-корреспондентами РАН, награжден Государственными премиями СССР, России, премиями Совета Министров СССР, а также премиями Ленинского комсомола. Г.А. был профессором ТИАСУРа, создателем и руководителем кафедры электрофизики Уральского политехнического института. Сейчас он возглавляет кафедру электрофизики в Московском физико-техническом институте, является почетным профессором и председателем попечительского совета Томского технического университета.

Г.А.Месяц является крупным организатором науки. В 1986 г. он был назначен председателем Президиума Уральского научного центра АН СССР и избран членом Президиума АН СССР. В 1987 г. по инициативе Г.А. было основано Уральское отделение АН СССР (УрО АН СССР), в которое вошли Уральский научный центр, Башкирский и Коми филиалы АН СССР. В том же году Г.А. избирается председателем УрО АН СССР и вице-президентом АН СССР. Г.А. Месяц был членом организационного комитета по созданию Российской академии наук (РАН) и возглавлял секцию физики, ядерной физики и энергетики. После преобразования АН СССР в РАН он избирается председателем УрО РАН и вице-президентом РАН. По инициативе Г.А. на Урале были созданы научные центры в Перми, Ижевске, Челябинске, Архангельске. Количество академических институтов на Урале, не считая отделов, увеличилось с 19 до 39. Эти институты имеют высокий научный уровень. В них работают высококвалифицированные специалисты.

Г.А. Месяц активно участвует в общественной жизни страны. С 1970 по 1976 г.г. он был председателем Совета молодых ученых ЦК ВЛКСМ, участником трех международных фестивалей и трех съездов комсомола, был делегатом XXVII съезда КПСС и XIX партийной конференции КПСС, многократно избирался в руководящие органы Томска и Томской области, а также Свердловска и Свердловской области. Длительное время он был ученым секретарем, а затем председателем комиссии по премиям Ленинского комсомола, заместителем председателя комиссии по Государственным премиям РСФСР. В 1993 г. он стал основателем Демидовского научного фонда и инициатором возрождения Демидовских премий для выдающихся ученых России.

Научные работы Г.А.Месяца широко известны в мире, многие его статьи и книги переведены и изданы за рубежом. В США, Китае, ФРГ, Японии издано девять его монографий и сборников научных статей под его редакцией. Он является членом многих научных комитетов международных конференций, редколлегии журналов и научных обществ. Он член американского физического общества, американского оптического общества, член международного общества оптоэлектроников. В течение шести лет он работал в комиссии по физическому образованию ИЮПАП, участвовал в работе Генеральной Ассамблеи ЮНЕСКО, научного комитета стран Европейского сообщества, четыре года возглавлял российско-американскую комиссию по технологиям двойного применения, возглавлял делегацию АН СССР на переговорах с АН Китая, а также многократно возглавлял советские и российские делегации на различных международных научных конференциях (по технике мощных импульсов, по явлениям в ионизированных газах, по пучкам частиц, по электрической изоляции и разрядам в вакууме и т.д.).

Научная, педагогическая и общественная деятельность Г.А.Месяца отмечена многими международными и отечественными наградами. Он награжден международной премией У.Дайка за работы по взрывной эмиссии электронов, международной премией Э.Маркса за работы по генерированию мощных наносекундных импульсов. Г.А. является лауреатом Государственной премии СССР, премии Совета Министров СССР, премии Ленинского комсомола. Он награжден орденом Ленина, орденом Трудового Красного Знамени, орденом Знак Почета и рядом других наград СССР.

Академик РАН Ковальчук Б.М.
Член-корреспондент РАН Садовский М.В.
К.ф.-м.н. Новоселов Ю.Н.

=====