

Российская академия наук
Физический институт им. П.Н. Лебедева
Отделение оптики

Препринт №10

Э.Н. Лоткова

К СОЗДАНИЮ ИК ЛАЗЕРОВ В ФИАН. КАК ЭТО БЫЛО...

(к 50-летию изобретения лазеров)

Москва 2010

Вместо аннотации



Э.Н. Лоткова, к.ф.-м. наук, сотрудник Отделения оптики Физического института им. П.Н.Лебедева РАН (ФИАН), в 1967–1987 годах – руководитель научной группы лаборатории (отдела) Оптики низкотемпературной плазмы (ОНТП) ФИАН, занимающейся ИК газоразрядными лазерами, вспоминает как делались первые газовые лазеры непрерывного действия инфракрасного диапазона на молекулах двуокиси и окиси углерода в лаборатории ОНТП.

© Э.Н. Лоткова, 2010

© ФИАН, 2010

“Это было недавно... Это было давно”
(Слова из известной песни)

В 2010 году исполняется 50 лет с момента появления первого сообщения в иностранной печати о создании источников когерентного излучения с длиной волны в оптическом диапазоне (Maiman T.H. “Stimulated optical radiation in ruby”, *Nature*, 1960, v.187, № 4736, p. 493-494; Collins R.J., Nelson D.F., Schawlow A.L., Bond W., Garret C.G.B., Kaiser W., “Coherence, Narrowing, Directionality and Relaxation Oscillation in the Light Emission from Ruby.” *Phys. Rev. Letters*, 1960, 5, p.303). Почти год спустя, в 1961 году, были запущены первые твердотельные лазеры в Советском Союзе (лазеры на рубине) одновременно, в Москве, в ФИАНе, и в Ленинграде, в ГОИ (см. сб. «КАК ЭТО БЫЛО ...Воспоминание создателей отечественной лазерной техники», ч.2, стр.36, 49, изд. Лазерная ассоциация, Москва, 2010).

По моему представлению – одни из первых в СССР молекулярных газовых лазеров (газоразрядный на CO_2 , а затем и на CO) – были также созданы в ФИАНе, в Москве, в середине 1960-х годов, в лаборатории Оптики низкотемпературной плазмы (ОНТП) (позднее переименованной в «отдел») ФИАН сотрудниками под руководством доктора физ. мат. наук Николая Николаевича Соболева.

После появления в зарубежной печати в 1958 г. сообщения о возможности использования газов в качестве активной среды ОКГ (*Shawlow A.L., Townes C.H. “Infrared and optical masers”// Phys. Rev., 1958, v. 112, № 6, p.1940-1949*) и в 1964 году первых сообщений Пэтела о получении генерации на смеси газов $\text{CO}_2+\text{N}_2+\text{He}$, ОКГ на CO_2 , (С.К.N. Patel// 1964, *Phys. Rev.* 13, 617) « CO_2 -лазер», как мы его называем, сразу же привлек внимание у нас и за рубежом многих физиков – теоретиков и экспериментаторов – в силу ряда своих преимуществ (большая мощность когерентного излучения, большой КПД, спектральная область его излучения $\sim 10,6$ мкм, лежит в окне прозрачности атмосферы).

Начались работы по созданию газоразрядного CO_2 -лазера и его исследованию и в лаборатории ОНТП.

В настоящее время эти лазеры широко используются в лабораторной практике, в военной технике, в народном хозяйстве, серийно выпускаются предприятиями электронной промышленности. Сейчас это уже обычные приборы, которыми могут пользоваться люди простым нажатием соответствующих тумблеров и кнопок включения электропитания и подачи проточной воды для охлаждения разрядных трубок. А в те далекие времена никто из сотрудников в лаборатории, кому было поручено создание ИК газоразрядных лазеров, не имел дело с газоразрядными приборами.

К тому времени в лаборатории было защищено четыре кандидатских диссертации сотрудниками, которым предстояло заняться новой тематикой. В основном, диссертационные работы были посвящены определению параметров электронных переходов в двухатомных молекулах при возбуждении в дуговом разряде и за ударной волной. Однако с присущими Николаю Николаевичу энергией, энтузиазмом, любовью и интересом ко всему новому он на-

строил почти всех в лаборатории к работам над газовыми лазерами как аргоновым с излучением в видимом диапазоне, так и молекулярным газоразрядным с излучением в ИК диапазоне.

Сам Н.Н. Соболев с молодым теоретиком В.В. Соковиковым занялись теоретическими исследованиями и установлением механизма получения инверсной заселенности в активной среде лазера на CO_2 . (*Н.Н.Соболев, В.В.Соковиков, «О механизме, обеспечивающем инверсную заселенность в ОКГ, работающем на CO_2 », //Письма в ЖЭТФ, 1966, т. IV, вып. 8, 303*).

Основные конструкторские идеи в лаборатории ОНТП на первом этапе создания CO_2 -лазера принадлежали Е.Т. Антропову – выпускнику МВТУ им. Баумана, очень талантливому человеку, имеющему хорошее инженерное образование и проявляющему большой интерес ко всему новому. При его непосредственном участии была сконструирована в лаборатории ОНТП газодинамическая труба (ГДТ), на которой было сделано очень много работ и защищено впоследствии несколько диссертаций. В 1965 году он защитил кандидатскую диссертацию с исследованиями с помощью ГДТ электронных переходов в окиси азота и первым был привлечен Н.Н. Соболевым к созданию лабораторного макета газоразрядного лазера, в результате чего была получена генерация в лазере на CO_2 , измерено усиление и написана статья «*Gain in a CO_2 laser discharge*». *Е.Т. Антропов, I.A. Silin-Bekchurin and N.N. Sobolev// Phys. Lett.,1968, v.26 A, №8, p.359*.

В 1964 году я защитила кандидатскую диссертацию под руководством Н.Н. Соболева и В.С. Вавилова, тема была несколько далекая от работ, проводимых большинством сотрудников лаборатории ОНТП, «Оптические исследования кремния, облученного нейтронами» и встал вопрос о теме моей дальнейшей научной работы, а поскольку в процессе работы над кандидатской диссертацией мне приходилось иметь дело с инфракрасной техникой Н.Н. Соболев мне предложил заняться ИК лазером на CO_2 , позже и на CO .

Так начинались экспериментальные работы.

Ведь первоначально нам не было известно:

- из какого материала делать газоразрядные трубки – кварца или стекла,
- как практически выводить лазерное излучение,
- как создать резонатор,
- как его отъюстировать,
- какой лучше диаметр разрядной трубки,
- какой должен быть электрод, как его вмонтировать в разрядную трубку и т.д.

Помню, как мучились над проблемами:

- какой толщины и из какого материала делать лучше торцевые окошки,
- каким клеем их клеить к торцам трубки, чтобы окошки не трескались (первоначально окошки были из монокристаллов NaCl и KBr , пропускающих ИК излучение, позднее для окошек применяли и пластинки из Ge). Лучшее всего оказался глипталевый клей, изготавливаемый химиками в Оптической лаборатории ФИАН. Эпоксидная смола и клей К-400 для этих целей не годились, они были сравнительно тугоплавкими, с коэффициентом теплового расширения, отличным от коэффициента теплового расширения материала окошек, и последние во время разряда, нагреваясь, трескались. Позднее, в Лыткарино на Оптико-механическом заводе изобрели специальные стекла, а в оптических

мастерских ФИАН научились делать уже зеркала с диэлектрическими покрытиями с нужным коэффициентом пропускания в нужной ИК спектральной области.

Первоначально зеркала резонатора были внешние, позднее, научились крепить зеркала в металлических оправках непосредственно на торцах трубок со специальными прокладками или сильфонами для удобства юстировки, т.е. создавали лазер с внутренним резонатором.

В первых моделях лазеров, когда зеркала резонатора были внешние, использовали зеркала с отверстиями в центре, заклеенными пластинками из солей, прозрачными и для видимого света, они оказались удобнее для юстировки. Ведь в ту пору не было еще гелий-неоновых лазеров с красным лучом, применяемых для юстировки позднее, приходилось юстировать собственными глазами, визуалью. Я так наловчилась это делать, глядя через дырочку в выходном зеркале, на другое, глухое, видеть на нем изображение этого отверстия и подводить его юстировочными винтами на оправе, в которой крепилось выходное зеркало, в центр глухого зеркала. Пришлось таким образом помогать впоследствии и моему аспиранту В.Н. Очкину, у которого было неважное зрение, кстати, он, наверное, первый аспирант в ФИАНе, экспериментатор, защитившийся по лазерной тематике, и благодаря своей энергии, трудоспособности и целеустремленности сделавший диссертационную работу за 3 года (май 1967 г. – март 1970 г.).

Появившиеся в начале 1970-х годов заводские He-Ne лазеры были смонтированы на очень громоздких треножных подставках, так что было невозможно их размещать на оптической скамье, на которой была установлена лазерная трубка. Это позднее промышленность стала их делать очень миниатюрными, удобными для проведения с их помощью юстировки оптических систем. На рис.1 запечатлен момент юстировки мною лазера на CO_2 .

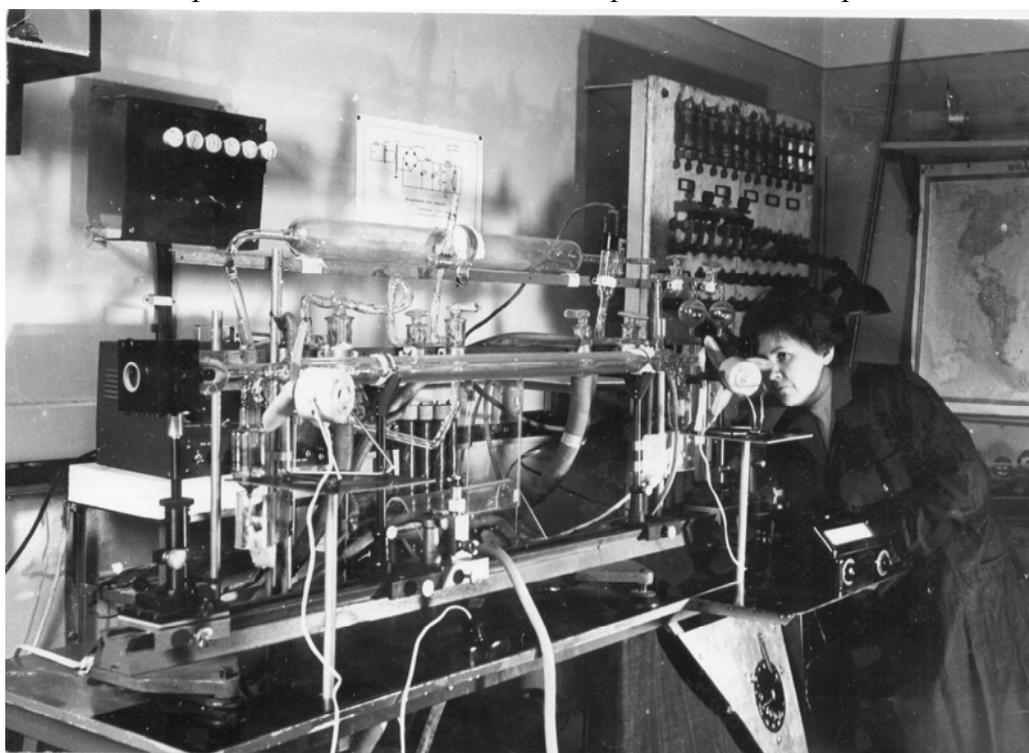


Рис.1. Э.Н. Лоткова за юстировкой CO_2 лазера.

На рисунке видны концы трубок с соляными пластинками на торцах под углом Брюстера, вентиляторы, которые обдували концы трубок, чтобы пластинки не трескались. Виден также балластный объем с газовой смесью для продления срока службы лазера в отпаянном

режиме. Таким путем первоначально добивались длительной работы лазера без прокачки газовой смеси.

Очень помогали в работе знакомые и деловые связи с представителями других организаций. Так у нас первоначально была проблема с созданием электродов и ввода их в газоразрядную трубку. В первых наших лазерных трубках электроды были в виде металлических стержней или цилиндров из никеля (позднее пробовали различные металлы для электродов – молибден, платину и другие – с целью определения их влияния на продолжительность работы лазера в режиме непроточной смеси). Точечной сваркой прикрепляли их к металлическим стержням, которые затем с помощью эпоксидной смолы приклеивали к стеклянным колбам электроразрядных лазерных трубок. Вид этого “сооружения” представлен на рис. 2.

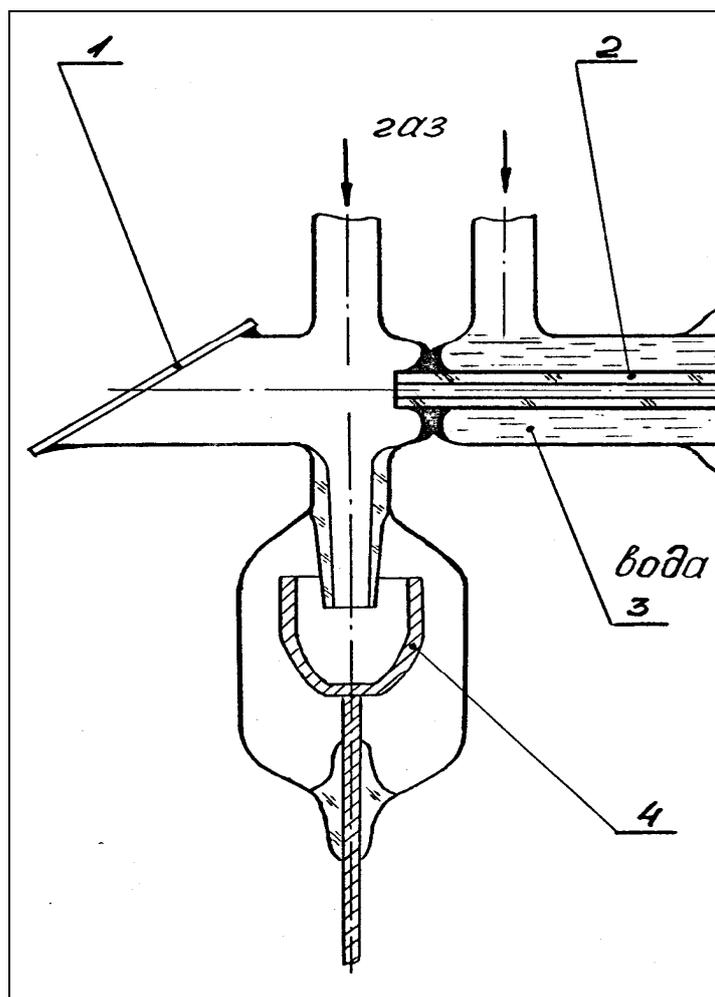


Рис.2. Схема устройства и крепления электрода в первых лазерных трубках: 1 – пластина на торце трубки, 2 – разрядный канал, охлаждаемый водой, 3 – вода, 4 – электрод.

Но такие способы введения электродов в трубку оказались непрочными, ибо со временем эпоксидка трескалась и нарушалась герметичность трубок. Эту проблему мы решили благодаря связи с Московским заводом электровакуумных приборов (МЗЭВП). В то время там работала Таисия Ивановна (Таичка) Баранова, которая до этого работала техником в ФИАНе и помогала нам в свое время в предыдущих исследовательских работах. Через нее на МЗЭВП

мы добывали для электродов стержни из молибдена с наваренным на один конец молибденовым стеклом, так что потом было легко их вварить в газоразрядные трубки из молибденового стекла, которыми мы впоследствии, в основном, и пользовались, а вместо никелевых цилиндров выдавливали чашечки из молибденовых тонких листов, которые легко приваривались к молибденовым стержням.

Чтобы наглядно было видно, какие изменения претерпели электроразрядные лазерные трубки по сравнению с первыми, лабораторными, моделями за прошедшие несколько десятилетий с момента создания первых лазеров, на рис. 3 приводится чертеж узла крепления зеркала резонатора в одном из лазеров, выпускаемых промышленностью, ЛГ-74.

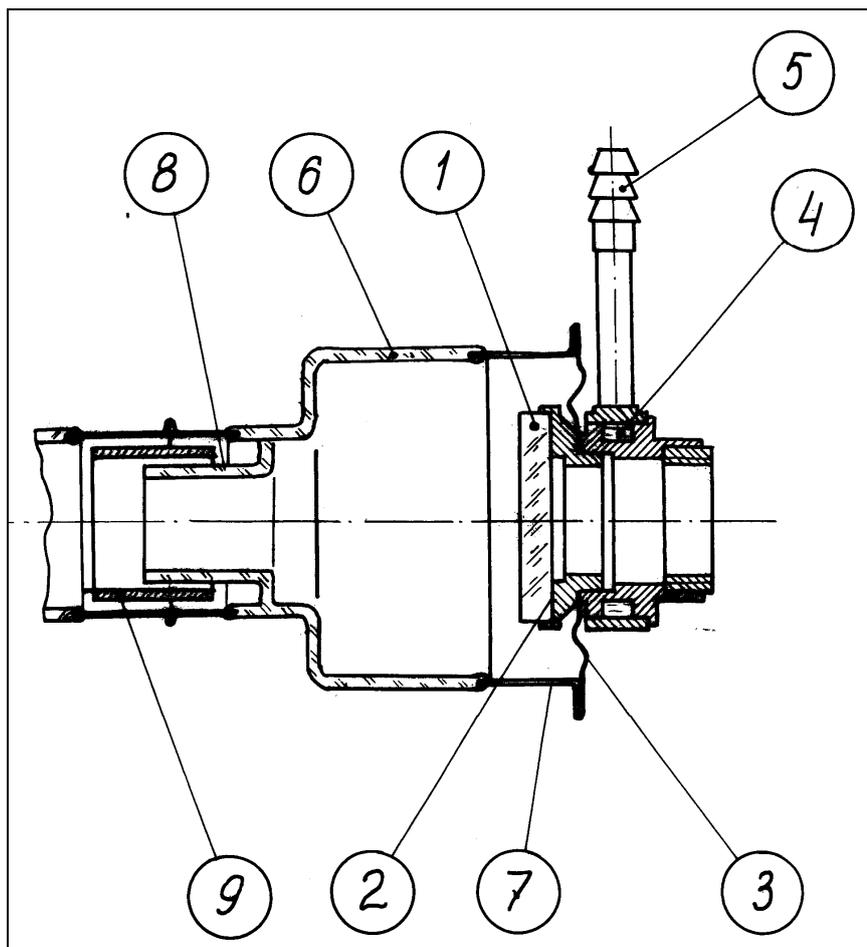


Рис.3. Схема узла выходного зеркала излучателя лазера ЛГ-74: 1 – полупрозрачное зеркало, 2 – цилиндрический стакан, 3 – коваровая манжета, 4 – водяное охлаждение, 5 – штуцера для подачи воды, 6,7 – концевик с коваровым кольцом, 8 – защитный цилиндр, 9 – электрод.

Блоки электропитания собирались первоначально тоже в лаборатории незабвенным А.А. Сапроновым, замечательным человеком с интересной биографией. 1922-го года рождения, он в 1939 году добровольно ушел служить во флот, во время Великой Отечественной войны был на фронте с самого ее начала и по май 1945 г., участвовал в боях на Карельском фронте, в прорыве блокады Ленинграда, имел боевые награды. После демобилизации поступил в радиотехнический техникум, вечернее отделение. Он, работая радиотехником в ФИАНе,

окончил техникум, потом институт, тоже вечернее отделение, совмещая с работой. Все с отличием, т.к. был очень талантлив и организован, хорошо рисовал, красиво писал, оформлял в лаборатории все стенды и плакаты. За время работы в ФИАНе, начиная радиотехником, он дошел до должности старшего инженера, руководителя радиотехнической группы и заместителя заведующего лабораторией ОНТИ по общим вопросам.

При монтаже блоков электропитания пробовали и “мостовую” схему выпрямителя, и трехфазную схему Греца. Балластные сопротивления, с керамическим покрытием, марки «ПЭВ», необходимые в схеме электропитания для осуществления тлеющего разряда с небольшими токами и высоким постоянным напряжением, мне приходилось доставать также с помощью знакомых в специализированных НИИ, в “почтовом ящике”. Это уже позднее удалось приобрести в одном п/я блок питания «Источник тока, стабилизированный, СИТ 24-М». Позднее, когда уже предприятия МЭП в г. Фрязино, в г. Ровно и др., наладили промышленное производство газоразрядных лазеров и блоков питания к ним, мы доставали у них источники питания, ибо продолжали в нашей лаборатории исследовать физико-химические процессы в активных средах молекулярных лазеров, разрабатывать лазеры с газоразрядными трубками разных размеров с целью возможности осуществлять в них тлеющий разряд при разных давлениях для получения лазерного излучения с разным спектральным составом.

Еще до работ по подбору лучшего состава газовой смеси и подборов режимов горения разряда, что было уже позднее, искали наиболее эффективные способы вывода лазерного излучения из резонатора. До появления зеркал с диэлектрическими покрытиями и применения их в газоразрядных лазерах в качестве внутренних зеркал резонатора, что позволяло одновременно и герметично закрывать газоразрядную трубку и выводить лазерное излучение, применяли зеркала с золотым покрытием (чтобы не окислялась поверхность) на кварцевых подложках. Для вывода лазерного излучения использовались зеркала, изготовленные из толстых кварцевых круглых пластин толщиной 10–12 мм, с маленькими отверстиями (диаметром ~1–2 мм), заклеенными пластинкой из NaCl. Подбирали диаметр этих отверстий с целью получения наибольшей выходной мощности лазерного излучения. Для уменьшения потерь за счет рассеяния на краях этих отверстий, делали отверстия в кварцевых пластинах не в виде цилиндров, а в виде срезанных конусов с меньшим сечением со стороны трубки. Золотые покрытия наносились путем распыления золота в вакууме на лабораторных установках. Золото я получала как хранитель драгоценных металлов в лаборатории ОНТИ. Много хлопот доставляло его списание. Приходилось показывать главному бухгалтеру ФИАН зеркало с золотым покрытием, сравнивать этот напыленный слой с золотой каемочкой на блюдечке, которую невозможно соскоблить.

Первые лазеры для виброустойчивости собирали на оптических скамьях на специальных металлических столах, изготовленных в виде больших станин, размером ~ 1x2 м., толщиной 2 см, располагаемых на металлических каркасах на толстых вакуумных резиновых трубках. (Уже позднее, когда в ФИАНе расширились механические мастерские, обогатился технический станочный парк, институтскими конструкторами были разработаны и в мастерских были изготовлены специальные металлические столы для лазерных установок.) На первых порах механические мастерские ФИАН не имели возможности изготавливать и надлежащим образом обрабатывать такие большие стальные плиты. Помню, что когда на стажировку в

1969 году приехал из Америки к нам, в ФИАН, в лабораторию ОНТП, физик Дж. Н. Мерсер, Н.Н. Соболев дал ему возможность выбрать, чем бы он хотел в лаборатории заниматься, он выбрал мою группу, где мы собирались измерять усиление в CO_2 -лазере. Срочно надо было подготовить лабораторный стол для соответствующей лазерной установки. Я через знакомых в Институте акустики АН СССР, где имели большой опыт по сооружению различных громоздких металлических конструкций для морских экспедиций, связалась с Московским заводом координатно-расточных станков и нам там изготовили надлежащую станину в кратчайший срок, за два дня. Кстати сказать, Мерсер очень удивился, что научные сотрудники сами железные баллоны с газами (CO_2 , CO , кислород, азот, гелий и др.) таскают, для составления газовых смесей различного состава, сами юстируют лазерные трубки, настраивают резонатор и т.п. У нас с ним было затруднение – как по-английски называется «рабочий халат», который мы надевали в лаборатории во время таких работ – он не мог подобрать нужное слово. У них там, в Америке, с его слов, все подготовительные работы для проведения экспериментов делают техники, а научные сотрудники только нажимают кнопки в приборах и снимают соответствующие показания.

На рис. 4 приводится фотография установки для измерения усиления в активной газовой среде. На ней видны конец трубки с окном, заклеенным пластиной под углом Брюстера, поворотная пластинка, с помощью которой измеряли усиление, установленная на специальном столике от теодолита, угломере (который купили у геологов на базе, снаряжавшей экспедиции), чтобы точно определять углы поворота пластинки, вносящей определенные оптические потери, стандартный измеритель мощности ИМО, но в котором входное окно заменяли пластинкой, пропускающей ИК излучение.

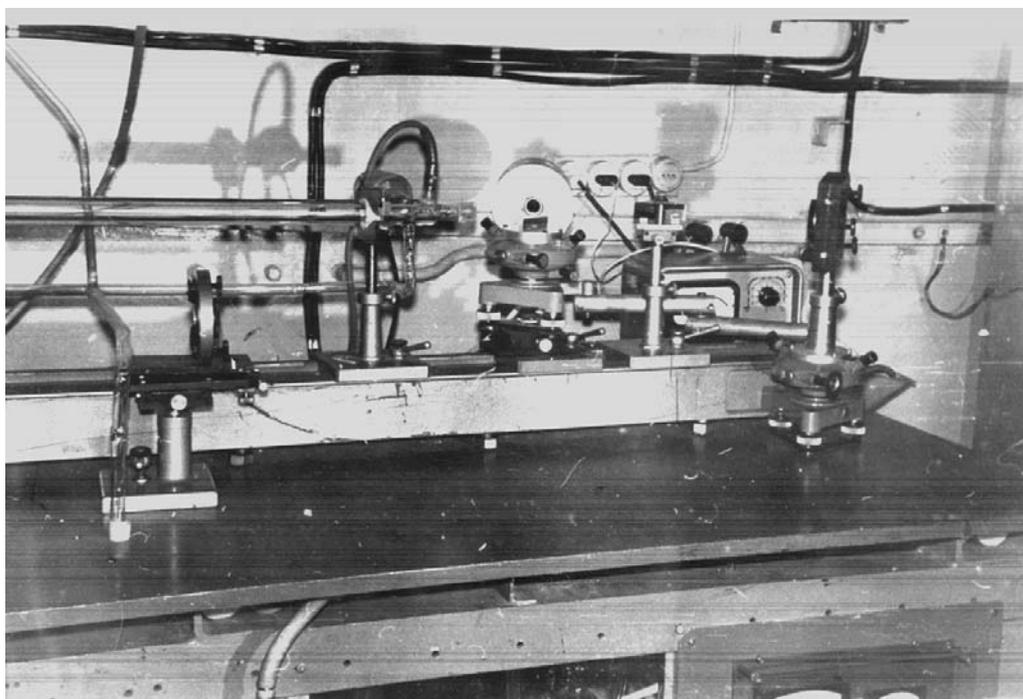


Рис.4. Вид установки для измерения усиления в активной среде CO_2 -лазера.

Может это все лирика, но без такой работы (которая некоторым молодым научным сотрудникам казалась рутинной, не «исследовательской» и не давала достаточного материала для диссертаций), не получили бы такие лазеры, которые позднее освоила бы наша промышленность, с помощью которых впоследствии в лаборатории ОНТИ было получено много новых результатов, касающихся особенностей низкотемпературной плазмы, тлеющего разряда и т.п.

В лаборатории была проделана большая работа, не считая исследований спектров лазерного излучения и физико-химических свойств активной среды, работа по подбору газовой смеси, режимов электропитания, конструкции трубок и резонаторов, работы по повышению выходной мощности, стабильности, получения режимов без прокачки смеси и др.

В результате интенсивной работы сотрудников (все были в большинстве молоды и энергичны) с привлечением аспирантов и студентов (в основном, из МГУ, МФТИ, МИФИ, МЭИ) уже в **1967-1968** годах из лаборатории вышли печатные статьи, помимо уже упомянутых работ Н.Н. Соболева и В.В. Соковикова, Е.Т. Антропова и И.А. Силина-Бекчурина и другие работы с результатами экспериментальных исследований. См., например:

- *«Температура плазмы разрядов, применяемых для ОКГ на CO_2 »*. А.Г. Свиридов, Н.Н. Соболев, Г.Г. Целиков// *Письма в ЖЭТФ*, 1967, 6, вып.3, 642-545;
- *«Изучение химических реакций в замкнутой разрядной трубке лазера на CO_2 »*. Э.Н. Лоткова, В.Н. Макаров, Л.С. Полак, Н.Н. Соболев// *Химия высоких энергий*, 1968, 2, № 2, 278-283;
- *«Спектральные исследования разряда, применяемого в ОКГ на CO_2 »*. Э.Н. Лоткова, Н. Шукуров// *ЖПС*, 1968, т.9, в. 4, 704.



Рис.5. Э.Н. Лоткова за снятием спектра излучения CO_2 -лазера.

В 1967-1968 годы после землетрясения в Ташкенте в лаборатории работала группа замечательных ребят из Государственного ташкентского университета, переведенных в МГУ. Так, при исследовании состава плазмы CO_2 -лазера совместно с сотрудниками Института нефтехимического синтеза, большую помощь в работе оказала студентка из Ташкента, дипломированная Таня Пятаева, в результате была написана статья «Влияние водорода на мощность генерации и диссоциацию в лазере на CO_2 (Э.Н. Лоткова, В.И. Макаров, Т.И. Пятаева // *Химия высоких энергий*, 1969 т.3, №5, 476). Впоследствии эта работа очень пригодилась при создании лазера на CO , ибо если в CO_2 -лазере необходимо присутствие водорода, катализатора химических реакций, способствующего поддержанию в разряде необходимого количества молекул CO_2 в режиме работы с непроточной смесью, то в случае лазера на CO необходимо было избегать его присутствие, а с тем и воды, в результате чего приходилось принимать специальные меры для осушки газовой смеси перед запуском ее в лазерную трубку.

Как видно уже из названий этих первых статей, в лаборатории с самого начала занимались изучением спектральных, электрических и химических характеристик разряда в ОКГ на CO_2 с целью понять какие процессы происходят в разрядной трубке, чтобы их регулированием добиться стабильной, с наибольшей мощностью генерации, работы без прокачки газовых смесей и при охлаждении разрядных трубок только водой при комнатной температуре.

При исследованиях химических процессов, происходящих в плазме разрядных трубок, очень помогало сотрудничество с другими научными учреждениями. С самого начала исследования химического состава плазмы активной среды лазера (~1966-1967 гг.) сотрудничали с уже упомянутым Институтом нефтехимического синтеза АН СССР, с лабораторией, руководимой Л.С. Полаком, сотрудничали с Физико-химическим институтом им. Карпова, с отделом С.Е. Куприянова, где проводилось масс-спектрометрическое определение концентрации молекул в плазме газового разряда.

Было очень плодотворное сотрудничество с ленинградским Государственным оптическим институтом (ГОИ), с отделом, руководимым В.Г. Ярославским, где был разработан оптический газоанализатор, впоследствии модернизированный В.Н. Очкиным, использованный им в его диссертационной работе. «Исследование физико-химических свойств плазмы CO_2 -лазера» (см., например, – *Е.С. Гасилевич, В.А.Иванов, Э.Н.Лоткова, В.Н.Очкин, Н.Н.Соболев, В.Г.Ярославский «Диссоциация CO_2 в плазме газового разряда ОКГ на CO_2 »// ЖТФ, 1969, т. XXXIX, вып. 1, 126–132. Е.С.Гасилевич, Э.Н.Лоткова, В.Н. Очкин, Н.Н.Соболев, В.Г.Ярославский, «Исследование состава плазмы газового разряда ОКГ на CO_2 »// Ж. П.С., 1970, т. XIII, вып. 4, 712–714).*

Уже в 1969–1970-е годы хлынул поток опубликованных работ как у нас в стране, так и за рубежом, касающихся дальнейших усовершенствований CO_2 -лазера и его различных применений, написано много обзоров, но я не буду на этом останавливаться – это другая, специальная, тема.

Но в эти же годы в нашей лаборатории началась работа по созданию и изучению CO -лазеров, спектр генерируемого излучения которого лежит в более короткой, по сравнению со спектром излучения CO_2 -лазера, инфракрасной области ~ 4,6–6 мкм. Это дает CO -лазеру ряд преимуществ перед последним. Во-первых, у его излучения в ряде случаев лучшая проникающая способность и это делает его наиболее эффективным при лазерной обработке стекла,

пластмасс, биологических тканей и др. Во-вторых, в случае СО-лазера все оптические, прозрачные для его излучения детали, изготавливаются из влагоустойчивых материалов (фтористого лития, фтористого кальция и других), что значительно облегчает его эксплуатацию. Приемники излучения для спектральной области 4–6 мкм наиболее разработаны, доступны, не требуют охлаждения ниже 77 К.

С одной стороны, создавать СО-лазер как газоразрядный прибор с излучением в невидимом спектральном диапазоне было уже легче, чем в случае СО₂-лазера. С другой стороны, был ряд сложностей:

1) СО – газ, угарный, вредный. После большой аварии с человеческими жертвами на одном из предприятий, где его производили, его не доставляли в институт просто так, в баллонах, через отдел снабжения. Потребовалось специальное распоряжение от Совета Министров СССР (благо, в свое время мы занимались инфракрасными лазерами по специальному распоряжению Президиума АН СССР, №133–36 от 5 января 1973 г., по которому мы смогли получить несколько баллонов углекислого газа на Редькинском химическом заводе в Калининской, теперь Тверской, области). О!... Это была целая эпопея – требовалась специальная грузовая машина (мотор, или что-то другое, не помню, должно было быть не спереди, а сзади), пустые баллоны должны были быть очень чистыми со специальными химическими сертификатами, опять же, я, (прошу извинить меня – мне в данной заметке приходится часто употреблять “я”, но я пишу про то, что происходило на моих глазах и проходило через мои руки), которая сопровождала этот грузовик, должна была сдать специальный экзамен по технике безопасности. Имея ворох таких “соответствующих” бумаг, я получила шесть сорокалитровых баллонов с газом, которых хватило на всю последующую работу. Мы оказались таким образом владельцами газа СО, по-моему, единственными в Москве, ибо к нам потом обращались многие, чтобы выделить им немного. Помню, приходили представители и из лаборатории Квантовой радиофизики, и из Космической лаборатории, из МИФИ, института Физических проблем АН СССР и др. Никому не хотелось добывать его самостоятельно, химическим путем в лабораторных условиях, т.к. это хлопотливое и долгое занятие для получения СО-газа в сравнительно больших количествах. Мне кажется, сейчас трудности с добыванием газа СО для лабораторных исследований, связанных с ним, остались. Несколько лет назад на Большом ученом совете ФИАН был доклад одного из сотрудников отделения КРФ, лаборатории газовых лазеров, на тему, связанную с импульсным СО-лазером. Когда я спросила: «А где вы сейчас добываете газ СО?» – получила ответ – «Работа проводилась в Америке».

2) Для непрерывной работы СО-лазера без прокачки газовой смеси требуется, как я уже упоминала, тщательная осушка газа СО, ибо вода способствует его превращению в разряде в СО₂, а т.к. всех, в первую очередь, привлекал СО-лазер непрерывного действия, то осушки его газовой смеси уделяли большое внимание.

После изучения мною разных способов избавления газов от следов воды, я придумала «ловушку–осушитель», стеклянную, через которую пропускали составленную газовую смесь перед заполнением ею лазерной трубки, с двумя последовательными секциями, одна заполнялась порошком СаСl₂ (для предварительной осушки), другая – порошком Р₂О₅. Всю конструкцию по моим чертежам изготовили наши стеклодувы. Надо отметить, в то старое время, до перестройки, в ФИАНе были очень хорошие стеклодувы, они работали с увлечением, творче-

ски, очень помогали нам в практической работе. Хочется особо отметить стеклодува Корнеева Анатолия Ивановича, который и в послеперестроечные времена, работая уже не в институтской стеклодувной мастерской, а в отделении КРФ, помогал мне безвозмездно в крайних случаях, когда требовался ремонт вакуумной системы в лазерной установке, а институтская стеклодувная мастерская практически распалась.

В итоге получили прибор с очень хорошими выходными параметрами. При лазерной трубке длиной около 1 метра, охлаждаемой водой при комнатной температуре, получили лазерное излучение мощностью свыше 15 Вт, в режиме непрерывной генерации, без прокачки газовой смеси, на протяжении несколько сотен часов.

Впоследствии, когда в лаборатории были созданы рабочие группы, работающие по определенной тематике, я была назначена руководителем группы, занимавшейся только СО-лазерами. С целью расширения спектра генерации излучения СО-лазера нами были разработаны и исследованы лазеры разных габаритов (включая волноводные, маленьких размеров), работающие при разных рабочих давлениях газовой смеси, что определяло заселенность разных рабочих колебательно-вращательных уровней молекулы СО, отсюда и разный диапазон длин волн лазерного излучения. В состав группы в то время, кроме лаборанта и аспиранта, входили научные сотрудники, выпускники физического факультета МГУ – В.В. Соколов, Л.Я. Островская, П.Е. Дубовский. См., например, следующие работы:

- «*Электроразрядный СО-лазер среднего давления*». П.Е. Дубовский, Э.Н. Лоткова, Л.Я. Островская, Н.Н. Соболев//, *Квант. электр.* 1981, 8, № 9, 1913.
- «*Отпаянный волноводный СО-лазер*», П.Е. Дубовский, Э.Н. Лоткова, Л.Я. Островская, А.Я. Паюров, Н.Н. Соболев, В.В. Соколов, Н.П. Суханова// *Квант. Электр.* 1982, 9, № 4, 839, (А.Я. Паюров и Н.П. Суханова – сотрудники НИИ ГРП г.Рязань).
- «*Преобразования подобия коэффициента усиления и параметра насыщения активной среды газоразрядного СО-лазера*». Э.Н. Лоткова, В.В. Соколов// *Квант. Электр.* 1983, 10, № 5, 1026.
- «*Малогобаритный СО-лазер*», П.Е. Дубовский, Э.Н. Лоткова, Н.Н. Соболев, Д.И. Пономарев// *Квант. электр.* 1983, 10, № 9, 1985.

Следует заметить, что нами впервые был создан малогобаритный СО-лазер, работающий при охлаждении газоразрядной трубки проточной водой (П.Е. Дубовский, Э.Н. Лоткова, «*Волноводный СО-лазер*», *Письма в ЖТФ* 1977, т.3, вып. 12, с. 540).

Много внимания стабильности электрического разряда в СО-лазерах уделял П.Е. Дубовский, очень серьезный, вдумчивый научный сотрудник, имеющий глубокие познания как в оптике, так и в электронике. В сотрудничестве с Институтом физики АН ЧССР, Прага, была сделана очень полезная работа «*Неустойчивости электрического разряда в волноводном СО-лазере*.» П.Е. Дубовский, В. Крейчи, Л. Пекарек, Э.Н. Лоткова, Н.Н. Соболев, О. Штиранд// *Квант. Электрон.* 1985, 12, № 4, 739.

Полученные в группе результаты исследования лазеров непрерывного действия с трубками разных габаритов были обобщены и далее развиты аспирантом Д.И. Пономаревым (см., например, «*Законы подобного преобразования параметров газоразрядного СО-лазера*». Э.Н. Лоткова, Д.И. Пономарев, *Квант. электрон.*// 1988, 15, № 5. 943). Им были уточнены законы преобразования лазерных параметров для подобных газоразрядных лазеров с учетом па-

раметров резонаторов, учтены различные механизмы уширения спектральных линий при разных давлениях, особенности влияния резонаторов на мощность излучения и др. В результате им была успешно защищена кандидатская диссертация «Подобные преобразования электро-разрядного СО-лазера».

В группе была проделана большая научно-исследовательская работа, получена генерация на СО-лазере с излучением в общей сложности в диапазоне длин волн от 4,8 до 5,8 мкм. На рис. 6 представлены диапазоны длин волн, полученных на разных лазерных трубках (данные из работ «Разработка ИК-лазеров. СО-лазер», Лоткова Э.Н., сб. «Методы инфракрасной диагностики, Минск, Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова АН СССР, 1982, с. 79-93; «Возможности и перспективы электроразрядного СО-лазера» (обзор), Э.Н. Лоткова, Препринт ФИАН №340, 1986, с. 1-31, Москва).

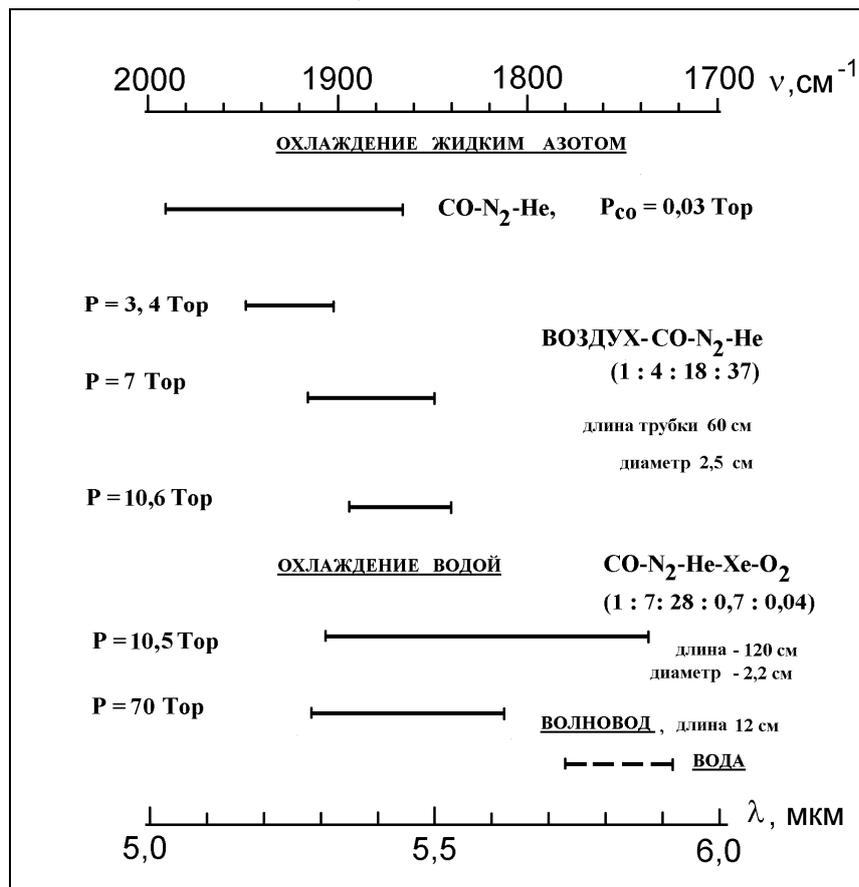


Рис.6. Диапазон длин волн, охватываемый спектром излучения СО-лазера, при различных экспериментальных условиях.

Надо заметить, что с самого начала работы над газоразрядными лазерами у нас было тесное сотрудничество с Физическим отделом НИИ ГРП (г. Рязань), руководимым к.т.н. Е.П. Остапченко, с его сотрудниками. НИИ ГРП помогал нам некоторыми техническими элементами для лазерных установок, как, например, активными элементами, приборами для измерения газового давления. В этом деле в НИИ был большой опыт, т.к. НИИ ГРП – предприятие, давно имеющее дело с различными газоразрядными приборами. Мы же делились опытом с подбором лучшего газового состава, режима работы и т.п. Сотрудничали с московским пред-

приятием НИИ ПОЛЮС, с лабораторией к.т.н. Г.А. Мачулка, при изготовлении СО-лазера на базе промышленного СО₂-лазера типа ЛГ 25.

Необходимо отметить, что наработки и по СО₂-лазерам и по СО-лазерам, которые были получены в лаборатории ОНТП ФИАН, оказались востребованными, привлекли внимание других организаций, как предприятий МЭП, так и военных. В результате был проведен ряд договорных работ с этими предприятиями по передаче им результатов исследований и макетов, выполненных в ФИАНе. Приемные комиссии в своих отчетах давали высокую оценку проделанной работе. В качестве примера можно привести фотографии некоторых документов. На рис.7 приводится фотография страницы документа с приказом по ФИАНу о составе комиссии, куда вошли представители предприятий МЭП и военной части, для приемки работы по созданию мощного СО-лазера, выполненной по распоряжению Президиума АН СССР от 5 января 1973 г., и на рис.8 – страница с рекомендацией приемной комиссии о направлении материалов проведенных исследований в соответствующие предприятия для использования их при создании промышленных СО-лазеров.

Интересно заметить, как видно из приведенных документов, одним из членов этой комиссии был представитель НИИ ИСТОК В.С. Алейников. Я хорошо помню, что пока другие члены комиссии читали отчет в кабинете Соболева, он в комнате, где стоял наш лазер, аккуратно срисовывал конструкцию для осушки газа, о которой я говорила выше. А два года спустя, в 1975 году, появилась его статья с сотрудниками “100-ваттный отпаянный лазер на окиси углерода с водяным охлаждением” (Электронная техника. Сер. 10, Квантовая электроника, 1975, №1, с. 80-81). Как видно, наши результаты не пропали даром! Соотношение дат я только заметила при написании данной заметки, когда проверяла даты используемых материалов.

Да, как видно, при создании в лаборатории первых ИК-лазеров забот было много, много пришлось побегать... Листая свою рабочую тетрадь с записями того периода (к счастью, не выкинула, ведь прошло много лет), сама удивляюсь, к каким организациям приходилось обращаться в связи с необходимостью приобретения того или иного прибора в кратчайший срок, не связываясь с отделом снабжения, без формальной переписки. Но работалось с удовольствием, помогали замечательные люди как у нас в ФИАНе, так и в других разных предприятиях, помогали у нас мастера и механики, стеклодувы и оптики. Не было никакого формализма в оформлении заказов, чертежей. Не надо было указывать «класс точности» и т.п. Мастера понимали, для чего идет заказанная деталь, и делали ее лучшим образом – тоже были творческими людьми. Оптикам, когда заказывали окошки, линзы и другие оптические детали, не надо было указывать «свильность, пузырность» материала. Они сами знали, какого качества должна быть заказанная деталь. Вообще, было приятно с ними общаться – как с единомышленниками – все делалось быстро и качественно. Был единый институтский коллектив, работали «за интерес»!

В заключение выражаю глубокую благодарность руководителю Оптического отделения ФИАН доктору физ.-мат. наук А.В. Масалову за моральную поддержку, внимание, подбившего меня к написанию данных «мемуаров», породивших во мне чувство, что я за долгую работу в ФИАНе сделала что-то полезное, в том числе, внесла ощутимый вклад в развитие лазерной техники. Я также очень благодарна моим коллегам С.Д. Зотову и Е.М. Кудрявцеву, поддержавших идею о возможности изложения моих воспоминаний о бывших “лазерных” делах в печатном виде.

П Р И К А З
ПО ОРДЕНА ЛЕНИНА ФИЗИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ имени П.Н. ЛЕБЕДЕВА
АКАДЕМИИ НАУК СССР

г. Москва

№ 212

"27" XI 1973 г.

В связи с завершением в лаборатории Оптики низко-температурной плазмы работы по теме: "Создание лабораторных образцов мощных СО-лазеров и их исследование", выполнявшейся по распоряжению № 33-36 Президиума АН СССР от 5 января 1973г., создать комиссию в составе:

Председатель комиссии -

ПИСКУНОВ А.К., доктор ф.м.н, начальник отдела ЦКБ "ЛУЧ"

Члены комиссии:

АЛЕЙНИКОВ В.С.

-канд. физ.-мат. наук, представитель
НИИ "ИСТОК".

НОВИК А.Е.

-канд. тех. наук, представитель МЭВП.

ОСТАПЧЕНКО Э.А.

-представитель п/я В-8769.

РЯБОВ А.И.

-представитель в/ч 67947 МО СССР.

СОБОЛЕВ Н.Н.

-доктор физ.-мат. наук, Ф И А Н.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ДИРЕКТОРА ФИАН

доктор физ.-мат. наук

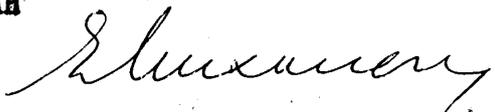

/С.И. НИКОЛЬСКИЙ/

Рис.7.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Комиссия рекомендует:

а) Направить материалы проведенных исследований в организации п/я В-8769 и п/я А-1067 для использования их при выполнении ОКР и НИР по созданию промышленных СО-лазеров.

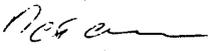
б) Финансовому институту им. П.Н.Лебедева АН СССР продолжить исследования предельных характеристик и спектрального состава СО-лазера, а организациям п/я В-8769 и п/я А-1067 выступить заказчиками этих исследований с целью более быстрой их реализации.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ:  (А.К.Пискунов)

Члены комиссии:

 (В.С.Алейников)

 (А.Е.Новик)

 (Э.А.Осталченко)

 (А.И.Рябов)

(Н.Н.Соболев)

одписано в печать 2.07.2010 г.
Формат 70x100/16. Заказ №35. Тираж 140 экз. П.л 1,2.
Отпечатано в РИИС ФИАН с оригинал-макета заказчика
119991 Москва, Ленинский проспект, 53. Тел. 499 783 3640