

УДК 621.396(091)

Проект IEEE oral history: академик Ю. В. Гуляев. Часть 5

¹ Кондратова Е. В., ² Свиридова Е. И., ² Ермолов П. П.

¹ Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова
ул. Дыбенко, д. 1а, Севастополь, Российская Федерация, 299028
elenakondratovaa@mail.ru

² Севастопольский государственный университет
ул. Университетская, д. 33, Севастополь, Российская Федерация, 299053

Получено: 14 марта 2023 г.

Отрецензировано: 24 марта 2023 г.

Принято к публикации: 24 марта 2023 г.

Аннотация: *Статья представляет собой фрагменты интервью, взятого у академика Ю. В. Гуляева Центром истории IEEE в Горжсье, Швейцария, 13 июля 2017 г. Из 14 разделов интервью в статье представлены следующие три: Саратовский институт, Углеродные нанотрубки и Проект «Экстрасенсы». В статье устранены библиографические несоответствия. Цель публикации — ознакомление в этой части профильного русскоязычного сообщества с основными положениями интервью.*

Ключевые слова: *Центр истории IEEE в Горжсье, Саратовский институт (филиал Института радиотехники и электроники АН СССР), углеродные нанотрубки, сильная автоэмиссия электронов, исследовательский проект «Экстрасенсы».*

Для цитирования (ГОСТ 7.0.5—2008): Кондратова Е. В., Свиридова Е. И., Ермолов П. П. Проект IEEE oral history : академик Ю. В. Гуляев. Часть 5 // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2023. Т. 6, № 3. С. 356—366.

Для цитирования (ГОСТ 7.0.100—2018): Кондратова, Е. В. Проект IEEE oral history : академик Ю. В. Гуляев. Часть 5 / Е. В. Кондратова, Е. И. Свиридова, П. П. Ермолов // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. — 2023. — Т. 6, № 3. — С. 356—366.

1. Введение

Концепт устной истории был популяризирован в США в 1940-е годы в связи с деятельностью американского журналиста Джо Гулда (*Joseph Ferdinand Gould*; 1889—1957), заявлявшего о своей работе над огромной

книгой «Устная история нашего времени», полностью составленной из записи рассказов разных людей. В 1948 году центр устной истории был открыт при Колумбийском университете. В 1967 году была создана Ассоциация устной истории США, двумя годами позже аналогичная организация появилась в Великобритании.

Не остался в стороне от этого тренда и IEEE — к настоящему времени американским Институтом инженеров электротехники и электроники собрано более 804 персональных устных истории. Подавляющее большинство персоналий в этом собрании — известные американские и «западные» специалисты. И, тем не менее, весьма значимым является то, что в этом списке появился известный российский ученый, академик Ю. В. Гуляев.

Интервью у российского академика для Центра истории IEEE взяли Виктор Плесски (*Victor Plessky*) и Клеменс Руппель (*Clemens Ruppel*) в Горжье, Швейцария (*Gorgier, Switzerland*) 13 июля 2017 г. (интервью № 784).¹

Это событие нашло некоторое отражение только в небольшом интервью на портале «Правда.Ру».²

Интервью состоит из 14 разделов:

- [Детство, семья];
- Образование;
- Диссертация под руководством проф. В. Л. Бонч-Бруевича;
- Советский Союз после Сталина;
- Изобретение встречно-штыревого преобразователя в 1965 г.;
- Заведующий лабораторией во Фрязино;
- Волны Блюстейна — Гуляева;
- Другие типы акустических волн;
- Изготовление устройств на ПАВ в Советском Союзе;
- Будущие разработки в области акустических волновых технологий;
- Друзья и награды;
- Саратовский институт;
- Углеродные нанотрубки;
- Исследования в области медицины.

Ранее [1], [2], [3], [4] были опубликованы фрагменты интервью, в которых были отражены такие разделы, как «Изобретение встречно-штыревого преобразователя в 1965 г.», «Волны Блюстейна — Гуляева», «Диссертация под руководством проф. В. Л. Бонч-Бруевича», «Советский Союз после Сталина», «Другие типы акустических волн», «Изготовление устройств на ПАВ в Советском Союзе», «Будущие разработки в области

¹ http://ethw.org/Oral-History:Yury_Gulyaev (дата обращения 13.07.2018).

² <https://www.prawda.ru/science/02-08-2017/1343721-gulyaev-0/> (дата обращения 13.07.2018).

акустических волновых технологий» и «Друзья и награды». В настоящей статье представлены еще три раздела швейцарского интервью: «Саратовский институт», «Углеродные нанотрубки» и проект «Экстрасенсы». Цель настоящей статьи — ознакомление в этой части профильного русскоязычного сообщества с основными положениями интервью.

2. Саратовский институт

Ruppel:

Юрий, у Института радиотехники и электроники (ИРЭ) было несколько институтов в разных местах. Одним из них был Саратовский институт.

Гуляев:

Одним из институтов Саратовского центра был филиал нашего Института радиотехники и электроники АН СССР (ИРЭ АН СССР).

В 1977—1985 годах большую часть времени я проводил в Саратове, выполняя как административную, так и научную работу. На промышленных предприятиях Саратова было организовано производство СВЧ-акустических линий задержки как на ОАВ (объемных акустических волнах), так и на ПАВ (поверхностных акустических волнах), в том числе дисперсионных и компрессионных фильтров на ПАВ, по техническому уровню аналогичных фильтрам, выпускавшимся в то время, скажем, на *Thomson CSF*. Существовавшая в то время в мире так называемая «холодная война» ускорила производство этих компонентов.

В Саратовском отделении нашего института я организовал отличный коллектив ученых и инженеров (получивших образование в Саратовском университете и Саратовском политехническом институте), которые по своей квалификации были на лучшем мировом уровне. Уровень других саратовских институтов тоже был очень высок, не ниже московского или ленинградского. Мой заместитель руководителя Саратовского научного центра проф. А. Ф. Резчиков, помогавший мне в создании Центра, возглавлял прекрасный Институт точной механики и систем управления, работы которого имели большое значение для всей страны.

В то время в связи с продолжающейся «холодной войной» саратовские институты, помимо сельскохозяйственного и биологического, были секретными. Принимать иностранных коллег они не могли, их публикации в открытых журналах отправляли в печать через Институты аналогичного профиля в Москве или Ленинграде. Например, наш Институт радиотехники и электроники (ИРЭ) имел отделения во Фрязино и Саратове (а позже и в Ульяновске), которые по количеству ученых были сопоставимы с цен-

тральным институтом в Москве. Но все публикации присылались строго из Центрального института. Наши зарубежные коллеги были удивлены такой выдающейся продуктивностью наших ученых!

Саратов вообще был закрытым городом для иностранцев, так как во время Великой Отечественной войны в Саратов были эвакуированы многие военно-промышленные предприятия, и некоторые из них не вернулись на прежние места. В Саратове не останавливались даже туристические суда с иностранцами, которые путешествовали по Волге в 60-х и 70-х годах!

Все это изменилось с горбачевской «перестройкой», но об этом позже.

3. Углеродные нанотрубки

Ruppel:

Расскажите нам немного об открытии углеродных нанотрубок!

Гуляев:

В 1991 году было открыто новое аллотропное состояние углерода, так называемые нанотрубки. Это было дальнейшее развитие известного «фуллеренового» состояния — шарообразных молекул со многими атомами С, например C_{60} . Первые соображения о топологической возможности существования углеродных нанотрубок я услышал в 1991 году от проф. Леонида Чернозатонского, моего друга по Институту химической физики РАН, учителя моей жены Ирины Ермолаевой. Он называл их «туберелинами». Экспериментально эти углеродные нанотрубки³ были получены практически одновременно в 1991 году Иидзимой в электродуговом разряде и Чернозатонским и др. путем лазерного распыления графитового источника [5]. Экспериментатором в команде была Зоя Косаковская, блестящий ученый и инженер, красивая и приятная женщина. Я немедленно в 1991 году отправил результаты ее эксперимента [6] Крото, лауреату Нобелевской премии за открытие фуллеренов, и он пообещал поместить их в свою обзорную статью, которую писал для журнала «*Nature*».

Поскольку с 1980 года я занимался в Саратове исследованиями в области вакуумной микроэлектроники, у меня возникла идея, что углеродные нанотрубки могут быть эффективным и надежным источником эмиссии электронов в вакуум. Действительно, диаметр нанотрубки (или толщина ее стенки) равен размеру одного атома, поэтому у нее очень острый кончик. Если из-за очень сильного электрического поля некоторые атомы углерода будут отходить, острота нанотрубки не будет хуже — в отличие от использовавшихся ранее молибденовых наконечников, которые после отхождения некоторых атомов становятся более тупыми. Эту мысль я высказал руково-

³ Chernozatonsky L. A. 1991, Private Comm.; Physics Lett. 1992. T. A166. C. 55.

дителю моей экспериментальной группы в Саратовском отделении ИРЭ профессору Николаю Сеницыну, известному специалисту в области СВЧ-электроники вообще и СВЧ-микрорэлектроники в частности. Он немедленно организовал эксперимент и (о, слава!) действительно получил очень сильную автоэмиссию электронов с кончиков углеродных нанотрубок. В апреле 1993 года мы представили наш доклад на Международной конференции в Гренобле⁴.

Это была первая публикация об автоэмиссии электронов из углеродных нанотрубок и начало нового направления в вакуумной микрорэлектронике. Сегодня в мире сотни публикаций на эту тему, и уже сделано много устройств. Например, уже созданы микровакуумные диоды и триоды, в которых расстояние между катодом (углеродная нанотрубка) и анодом меньше длины свободного пробега электрона при атмосферном давлении. Это значит, что его не нужно откачивать! Уже производятся микровакуумные интегральные схемы, которые могут работать в условиях очень сильного излучения или молнии, при высоких температурах и т. д. — в отличие от обычных полупроводниковых ИС. Другим преимуществом является очень высокая рабочая частота, так как электроны там свободны и не сталкиваются с атомами. Продолжают активно работать в области вакуумной микро- и нанорэлектроники, исследуя, в частности возможности создания новых типов ярких дисплеев [7], [8].

4. Проект «Экстрасенсы»

Plesky:

Как вы оказались вовлечены в странный исследовательский проект «Экстрасенсы»?

Гуляев:

В 1977 году акад. Ю. Б. Кобзарев, выдающийся ученый в области электродинамики и статистической радиофизики, заведующий отделом нашего института, пригласил меня в гости к акад. И. К. Кикоину, одному из создателей русской атомной бомбы. Также были приглашены акад. А. Н. Тихонов, известный математик, автор «метода регуляризации Тихонова», профессор МГУ В. Б. Брагинский, выдающийся физик-экспериментатор в области гравитационных волн, проф. Г. Д. Мансфельд из моей лаборатории, блестящий экспериментатор в области акустоэлектроники, и еще несколько человек. Была приглашена ленинградка Нинель Кулагина с мужем и врачом. Ее объявили так называемым «экстрасенсом», человеком, обладающим не-

⁴ Gulyaev Yu. V., Chernozatontsev L. A., Kozakovskaya Z. Ya., Sinitsyn N. I., Torgashev G. V., Zakharchenko Yu. F. Revus "Le Vide les Conches Mincees", Supplement N271-Mars-Apr 1994 (Submitted in 1993).

обычными способностями: телепатией, внутренним зрением (интровидением), телекинезом (замена предметов без прикосновения к ним) и т. д.

Здесь надо сказать, что в то время (конец брежневского «застоя» в СССР, конец 70-х — начало 80-х) такие люди стали очень популярны, т. к. советские люди не знали, куда идти. Идея коммунизма была исчерпана, но альтернативной идеологии предложено не было. Итак, всевозможные экстрасенсы, колдуны, экзорцисты, шаманы, целители, астрологи, ведьмы процветали и «пудрили людям мозги».

Все это истинные ученые считали просто чушью и не хотели обращать на это внимания. Но некоторые ученые хотели пойти глубже и понять, есть ли что-то, что стоит изучать (чтобы не «выплеснуть ребенка вместе с водой из таза»). Это и было целью упомянутой выше встречи в доме у акад. Кикоина.

На стекло над столом кто-то клал легкие предметы (ключья бумаги, стаканчик с ручкой) и просил госпожу Кулагину двигать их, не касаясь. Она попыталась с большим усилием и... ничего не произошло, предметы не двигались. Она сразу сказала что на нее влияют глаза детей с фотографий, внуков Кикоина, под стеклом над столом. Итак, стекло стола было заклеено газетой. Она повторила усилия, и наконец, предметы начали двигаться (!), как к ней, так и от нее в зависимости от положения ее рук. Все мы, зрители, были в огромном шоке! Акад. Тихонов даже пытался измерить линейкой путь, пройденный предметом. Было около 25 см. Мы очень внимательно следили за ее руками и предметами и не заметили никаких ниток или других приспособлений. Казалось, это был не фокус! Но что это было?

Мы все были учеными и не верили ни в какие чудеса! Все начали предлагать объяснения увиденному. Моя идея заключалась в том, что от ее рук исходит какое-то химическое излучение, так как она всегда держала раскрытые ладони над предметами, как будто сбрасывала какое-то вещество из своих ладоней на предметы. Движения предметов более или менее следовали за движениями ее ладоней, как будто между ладонями и предметами было какое-то взаимодействие. Другим эффектом, который она производила, было сильное травление кожи любого человека, когда она касалась какого-либо участка кожи ладонью. Проф. Брагинский даже получил заметный ожог руки от ее прикосновения. Во время всех экспериментов врач измерял ей пульс и артериальное давление. Оно достигало очень высокого уровня: 200 ударов сердца в минуту и 270 мм рт. ст. артериального давления. В конце концов она была полностью истощена. Мы вернулись домой в глубоких раздумьях, чем все это могло быть. Так или иначе, мне было интересно понять, что я увидел: действительно ли это какой-то феномен или очень хитрый трюк? Я навел справки о Кулагиной и узнал, что с ней общался акад. Рем Хохлов, ректор МГУ. К сожалению,

Хохлов на тот момент уже умер, но очевидцы говорили, что Кулагина могла рассеивать лазерный луч! Мы решили повторить его эксперименты: сделали из картона вертикальную трубку диаметром 10 см с двумя парами отверстий по диаметру, одна пара над другой на 5 см, и пропустили через эти пары лазерный луч. На дно этой трубки поместили небольшой пьезоэлектрический преобразователь (приемник звука).

Мы пригласили Кулагину снова приехать в Москву и попросили ее переместить этот преобразователь внутрь трубки. Когда Кулагина положила ладони на верхнее отверстие трубки и начала двигать преобразователь, мы увидели, что лазерные лучи стали дрожать и разлетаться один за другим, а пьезодатчик регистрировал звуковые импульсы. Словно какие-то «облака» падали с ее ладоней с определенной скоростью, рассеивали лазерные лучи, а затем производили звуковые импульсы, регистрируемые датчиком. Зная расстояние между лазерными лучами, мы легко рассчитали скорость «облаков» и нашли, что она примерно равна скорости капель воды, свободно падающих в атмосферу. Так нам стало более-менее ясно, что картина «явления» была такова: она каким-то образом могла выбрасывать из ладоней облачка пота, имеющие электрический заряд. Эти облака на своем пути вниз рассеивают лазерные лучи и, падая на преобразователь, производят звуковые импульсы. Датчик становится электрически заряженным, и ладони Кулагиной, которые также заряжены, могут двигать объект (преобразователь), не касаясь его, обычной электродвижущей силой.

Известно, что кожа человека (в том числе ладоней) обычно электрически заряжена за счет трения наших ног об пол, землю и т. п. Часть этого заряда Кулагина может выбрасывать с потом на предмет, который при этом становится заряженным. Действительно, мы заметили, что ее ладони после экспериментов были очень влажными. Таким образом, так называемый «телекинез» объясняется просто электродвижущими силами! Мы даже сделали прибор, который назвали «ведьмоскопом», для прямого измерения электрического заряда, который Кулагина выбрасывала из ладоней. Он состоял из двух металлических пластин, расположенных параллельно друг другу с расстоянием между ними около 5 см. Эти пластины были включены в цепь, состоящую из электрической батареи, амперметра и вольтметра, соединенных между собой проводами. В отсутствие Кулагиной ток в цепи был равен нулю и вольтметр показывал напряжение аккумулятора. Когда Кулагина начала выбрасывать в пространство между пластинами облака своего заряженного пота (на самом деле облака какого-то электролита), возник ток. Зная размеры пластин и величину тока, можно легко рассчитать величину электрического заряда между пластинами. Это-

го оказалось вполне достаточно, чтобы обеспечить необходимую электро-движущую силу для «телекинеза».

Вопрос в том, почему у нее был такой обильный пот с ладоней. Возможно, это ее физиологическая особенность. Всем известно, что некоторые люди потеют больше, чем другие. Но у нас даже была мысль, что, может быть, она перед опытами растирала себе в ладонях какие-то химические вещества. Это могло бы объяснить упомянутую выше гравировку ее ладоней: так просто! Во всяком случае, из деликатности мы не исследовали эти эксперименты так подробно. К сожалению, госпожа Кулагина вскоре умерла, и у нас не было возможности продолжить эксперименты. Мы узнали, что некоторые другие люди демонстрировали подобный тип «телекинеза», но они отказались от научного исследования. Вот и завершились наши эксперименты с «телекинезом».

О результатах наших экспериментов с госпожой Кулагиной я сообщил нашему директору акад. В. А. Котельникову (он был вице президентом АН СССР) и, по его совету, президенту АН СССР акад. А. П. Александрову и на семинаре в Институте физических проблем Академии наук СССР. Все они приняли наше возможное объяснение «телекинеза». Но вопрос о физиологическом механизме столь обильного заряженного человеческого пота (даже если он обусловлен искусственным втиранием в ладони каких-то химических веществ) до конца не решен. Однако положительным итогом этой истории для меня стало появление интереса к изучению физиологических функций человека радиофизическими методами. Должен сказать, что до сих пор все эксперименты с Кулагиной проводились неофициально, в основном у меня дома. Но вскоре представился случай, который помог перенести наши опыты в официальную лабораторию.

В конце 1980 г. председатель Государственного комитета по науке и технике (ГКНТ) акад. Г. И. Марчук пригласил акад. Евгения Велихова, занимавшего в тот период должность вице-президента Академии наук СССР по физике и меня, как заместителя директора института, деятельность которого была связана с приемом и обработкой слабых сигналов при наших исследованиях космоса и планет радиолокаторами и спутниками. Например, наш институт участвовал в радиолокационных исследованиях планеты Венера. Мы составили первую карту рельефа Венеры, несмотря на то, что облака в ее атмосфере всегда покрывают поверхность планеты. Год спустя американские ученые выполнили аналогичное радиолокационное картирование Венеры. Об этих достижениях я вместе с американскими коллегами сообщил через американское телевидение *CNN*. Также мои эксперименты с Кулагиной были достаточно известны и акад. Марчук знал о них. Он сообщил нам, что Генеральный секретарь ЦК КПСС Лео-

нид Брежнев просил его прояснить ситуацию с женщиной ассирийского происхождения по имени «Джуна», которая занимается лечением нескольких высших руководителей СССР и его самого (с положительным эффектом!) методами, не одобренными официальной медициной. Марчук попросил нас организовать исследования «целебных» способностей Джуны с точки зрения физики. Мы согласились попробовать.

5. Заключение

Интервью, взятое у академика Ю. В. Гуляева Центром истории IEEE — свидетельство мирового признания его научных достижений. Не рассмотренные в настоящей статье фрагменты интервью представляют интерес для дальнейшего ознакомления профильного русскоязычного сообщества с основными его положениями.

Список литературы

1. Ермолов П. П. Проект IEEE oral history : академик Ю. В. Гуляев. Часть 1. В кн.: 28-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» — КрыМиКо'2018 (Севастополь, 9—15 сент. 2018 г.). 2018. С. 1827—1834.
2. Ермолов П. П., Коломийченко В. П., Свиридова Е. И. Проект IEEE oral history: академик Ю. В. Гуляев. Часть 2 // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2019. Т. 2, № 2. С. 257—263.
3. Кондратова Е. В., Коломийченко В. П. Проект IEEE oral history : академик Ю. В. Гуляев. Часть 3 // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2023. Т. 6, № 1. С. 108—114.
4. Кондратова Е. В., Коломийченко В. П. Проект IEEE oral history : академик Ю. В. Гуляев. Часть 4 // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2023. Т. 6, № 2. С. 250—259.
5. Iijima S. Helical microtubules of graphitic carbon // Nature. Nov. 1991. Vol. 354, no. 6348. P. 56—58.
6. Kosakovskaya Z. Ya., Chernozatonskii L. A., Fedorov E. A. Nanofilament Carbon Structure // JEP Letters. 1992. Vol. 56, iss. 1. P. 26—30.
7. Gulyaev Yu. V. Field emitter arrays on nanotube carbon structure films // Journal of Vacuum Science & Technology B : Microelectronics and Nanometer Structures. Mar. 1995. Vol. 13, no. 2. P. 435.
8. Гуляев Ю. В. Углеродные нанотрубные структуры — новый материал для эмиссионной электроники // Вестник РАН. 2003. Т. 73, № 5. С. 389—391.

Информация об авторах

Кондратова Елена Васильевна, доцент кафедры физики и общетехнических дисциплин ЧВВМУ им. П. С. Нахимова, Севастополь, Российская Федерация.

Свиридова Елена Игоревна, преподаватель базовой кафедры «Инновационная радиоэлектроника», Севастопольского государственного университета, Российская Федерация.

Ермолов Павел Петрович, заведующий базовой кафедрой «Инновационная радиоэлектроника» Севастопольского государственного университета, Российская Федерация. ORCID: 0000-0001-9089-974X.

IEEE oral history project: Academician Yu. V. Gulyaev. Part 5

Ye. V. Kondratova¹, Ye. I. Sviridova², and P. P. Yermolov²

¹*Black Sea Higher Naval School n. a. P. S. Nakhimov
1a, Dybenko Str., Sevastopol, Russian Federation, 299028
elenakondratovaa@mail.ru*

²*Sevastopol State University*

Received: March 14, 2023

Peer-reviewed: March 24, 2023

Accepted: March 24, 2023

Abstract: *The article is excerpts from an interview conducted with Academician Yu. V. Gulyaev by the IEEE History Center in Gorgier, Switzerland, July 13, 2017. Of the 14 sections of the interview, the article presents the following three: Saratov Institute, Carbon Nanotubes, and the “Psychics” Project. The article eliminated bibliographic inconsistencies. The purpose of the publication is to familiarize this part of the profile Russian-speaking community with the main provisions of the interview.*

Keywords: *IEEE History Center in Gorzhye, Saratov Institute (a branch of the Institute of Radio Engineering and Electronics of the USSR Academy of Sciences), carbon nanotubes, strong field emission of electrons, research project “Psychics”.*

For citation (IEEE): Ye. V. Kondratova, Ye. I. Sviridova and P. P. Yermolov, “IEEE oral history project : Academician Yu. V. Gulyaev. Part 5,” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 6, no. 3, pp. 356–366, 2023, doi: 10.29039/2587-9936.2023.06.3.30. (In Russ.).

References

- [1] P. P. Yermolov, “IEEE oral history project : Academician Yu. V. Gulyaev. Part 1,” in *28th International Conference “Microwave & Telecommunication Technology”*, Sevastopol, 2018, pp. 1827–1834. (In Russ.).
- [2] P. P. Yermolov, V. P. Kolomiychenko, and Ye. I. Sviridova, “IEEE oral history project : Academician Yu. V. Gulyaev. Part 2,” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 2, no. 2, pp. 257–263, 2019. (In Russ.).
- [3] Ye. V. Kondratova and V. P. Kolomiychenko, “IEEE oral history project : Academician Yu. V. Gulyaev. Part 3,” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 6, no. 1, pp. 108–114, 2023, doi: 10.29039/2587-9936.2023.06.1.10. (In Russ.).
- [4] Ye. V. Kondratova and V. P. Kolomiychenko, “IEEE oral history project : Academician Yu. V. Gulyaev. Part 4,” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 6, no. 2, pp. 250–259, 2023, doi: 10.29039/2587-9936.2023.06.2.20. (In Russ.).
- [5] S. Iijima, “Helical microtubules of graphitic carbon,” *Nature*, vol. 354, no. 6348, pp. 56–58, Nov. 1991, doi: <https://doi.org/10.1038/354056a0>.

- [6] Z. Ya. Kosakovskaya, L. A. Chernozatonskii, and E. A. Fedorov, “Nanofilament Carbon Structure,” *JEPT Letters*, vol. 56, iss. 1, pp. 26–30, 1992.
- [7] Yu. V. Gulyaev, “Field emitter arrays on nanotube carbon structure films,” *Journal of Vacuum Science & Technology B : Microelectronics and Nanometer Structures*, vol. 13, no. 2, p. 435, Mar. 1995.
- [8] Yu. V. Gulyaev, “Carbon nanotube structures as a new material for emission electronics,” *Vestnik RAN*, vol. 73, no. 5. pp. 389–391, 2003. (In Russ.).

Information about the authors

Yelena V. Kondratova, Associate Professor at the Department of Physics and General Engineering, Black Sea Higher Naval School n. a. P. S. Nakhimov, Sevastopol, Russian Federation.

Elena I. Sviridova, lecturer at the basic department “Innovative radio electronics”, Sevastopol State University, Russian Federation.

Pavel P. Yermolov, head of the basic department “Innovative radio electronics”, Sevastopol State University, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-9089-974X.