

Всероссийская открытая научная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн» - Муром 2021

**А.Е. Башаринов – основоположник микроволнового дистанционного зондирования Земли**

Б.Г. Кутуза

*Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН  
125009, г. Москва, ул. Моховая, 11, корпус 7.*

*E-mail: [kutuza@cplire.ru](mailto:kutuza@cplire.ru)*

**A. E. Basharinov – the founder of microwave remote sensing of the Earth**

B.G. Kutuza

Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of RAS

Микроволновое дистанционное зондирование окружающей среды неразрывно связано с именем профессора Анатолия Евгеньевича Башаринова – выдающегося ученого в области радиотехники и радиофизики, лауреата Государственной премии СССР. Он, по-видимому, первым понял перспективность использования теплового излучения на миллиметровых, сантиметровых и дециметровых волнах для определения на расстоянии характеристик природных объектов. Выполненные им и его сотрудниками пионерские в ИРЭ АН СССР работы по исследованию атмосферы, морской поверхности, земных покровов методами активного и пассивного зондирования в СВЧ-диапазоне намного опередили время. В декабре 2020 года исполнилось 100 лет со дня его рождения.



**Рис. 1. Анатолий Евгеньевич Башаринов, одна из последних фотографий**

А.Е.Башаринов родился 6 декабря 1920 года в семье служащего. Его отец был экономистом, а мать медицинским работником. В школе Анатолий был способным учеником, увлекался шахматами. Можно отметить, например, как член шахматного кружка Дворца пионеров он участвовал в сеансе одновременной игры с легендарным Капабланкой и был единственным, кто победил его. Но шахматы не стали его призванием. После окончания школы в 1938 году Анатолий Евгеньевич поступает на физический факультет Московского университета. Вместе с ним в одной группе училась целая плеяда выдающихся в будущем физиков: академики А.Д.Сахаров и

А.С.Боровик-Романов, члены-корреспонденты Л.Д.Бахрахи Л.А. Вайнштейн, профессора М.Л. Левин, А.М.Яглом, С.Т. Егоров и др. Впоследствии он с любовью вспоминал о своей студенческой жизни, с теплотой говорил о друзьях-сокурсниках.

Во время войны был призван в армию. В течение полутора десятков лет его жизнь была связана с армейской службой, и демобилизовался в звании подполковника. Он учился во время войны в военной академии в Свердловске, работал в ряде научно-исследовательских организаций по развитию радиолокации, преподавал в МЭИ на военной кафедре, вел активную научную работу в области статистической радиофизики.

В 1957 году после демобилизации А.Е. Башаринов перешел на работу в Институт радиотехники и электроники АН СССР в лабораторию академика Юрия Борисовича Кобзарева. Решающую роль в этом переходе сыграл директор ИРЭ академик Владимир Александрович Котельников, который хорошо знал А.Е. Башаринова по работе в Московском энергетическом институте, видел его интерес к науке и сумел быстро решить вопрос с военным командованием о его демобилизации. В лаборатории академика Юрия Борисовича Кобзарева для Анатолия Евгеньевича была организована научная группа, которая постепенно расширялась и укреплялась молодыми специалистами и аспирантами. В начальном периоде работы в Институте научная деятельность А.Е. Башаринова была связана с задачами помехоустойчивости, статистики, которые относятся к теоретическим вопросам радиолокации. Им совместно с Б.С. Флейшманом была опубликована монография «Методы статистического последовательного анализа и их приложения». Ю.Б. Кобзарев, который ранее еще в МЭИ был научным руководителем Анатолия Евгеньевича по кандидатской диссертации, после перехода в ИРЭ проявлял большой интерес к его работе, всячески поддерживал его. Здесь следует особенно подчеркнуть, что помимо служебных отношений их на протяжении всей жизни связывали симпатия и дружеское расположение.

В 1959 г. А.Е. Башаринов успешно защитил докторскую диссертацию. И вот тут, по-видимому, наметились перемены в его научных пристрастиях. Его стали интересовать вопросы СВЧ излучений, особенно низкотемпературных плазменных образований, атмосферных газов, облаков, планет Венера и Марс и т.д. Его также волновали проблемы получения количественных данных о состоянии природных объектов на основе теплового радиоизлучения. Он включил в читаемый в МЭИ курс «Основы радиолокации» раздел «Пассивное визирование – СВЧ радиометрическое зондирование» и, пожалуй, первым в СССР выпустил учебное пособие по этой теме. Идеи Анатолия Евгеньевича шли впереди времени. В конце 50-х годов прошлого столетия считалось, например, что миллиметровые волны не имеют перспективы практического применения. Было известно, что они сильно поглощаются в атмосфере, особенно при наличии облаков и дождей. Радиоастрономы, когда проводили наблюдения на миллиметровых волнах, всегда «боялись» облаков и работали преимущественно в условиях безоблачной атмосферы. Поэтому требовался достаточно сильный переворот во взглядах с тем, чтобы не бороться с ослаблением и фоновым радиоизлучением атмосферы, а использовать их для определения метеорологических параметров. Первые попытки заинтересовать метеорологов новым методом изучения атмосферы не увенчались успехом. Известно, что А.Е. Башаринов и М.А. Колосов в 1961 г. ездили в Центральную аэрологическую обсерваторию с предложением использовать СВЧ радиометрический метод для изучения облаков и осадков. Однако как они ни старались, не получили поддержки от тогдашнего руководства ЦАО. Спустя некоторое время новое направление в метеорологии было поддержано рядом ученых из Главной геофизической обсерватории, Арктического и Антарктического института и других организаций. Это были К.С. Шифрин, Ю.И. Рабинович, Г.Г. Щукин, В.В.

Богородский, Л.Т. Тучков, А.Г. Горелик. Понимая важность проводимых работ, директор ИРЭ академик В.А. Котельников, заместители директора профессора Н.А. Арманд и В.А. Соколов постоянно помогали и поддерживали Анатолия Евгеньевича.

По инициативе А.Е. Башаринова в начале 60-х годов в ИРЭ АН СССР широким фронтом были развёрнуты исследования по изучению теплового излучения атмосферы, морской поверхности, льдов и других природных объектов. Одновременно с теоретическими исследованиями создавалась экспериментальная база. В СКБ ИРЭ работы по созданию СВЧ радиометрической аппаратуры возглавил В.С. Аблязов – выпускник МЭИ и слушатель лекций А.Е. Башаринова. За короткое время была разработана серия наземных СВЧ-радиометров миллиметрового и сантиметрового диапазонов, которые имели рекордную для того времени чувствительность. Для работы в экспедиционных условиях были созданы передвижные установки с возможностью измерения микроволнового излучения одновременно на нескольких длинах волн.

В развитии микроволнового дистанционного зондирования большое значение имело сотрудничество ИРЭ АН СССР с Московским научно-исследовательским институтом приборостроения (МНИИП). В настоящее время эта организация называется «Корпорация радиостроения «ВЕГА». Наиболее плодотворное сотрудничество проводилось с отделом Сергея Тихоновича Егорова. Этому способствовала личная дружба (она началась со студенческих лет), а также то, что в общем деле они хорошо дополняли друг друга. В 1962-1965 гг. сотрудниками ИРЭ и МНИИПа были проведены первые самолетные эксперименты по исследованиям радиоизлучения взволнованной поверхности моря, снежного покрова и др. В дальнейшем совместные работы двух организаций продолжались как в рамках самолетных, так и космических экспериментов по исследованиям Земли и планет. С удовлетворением можно отметить, что тесное сотрудничество коллективов ИРЭ и Корпорации радиостроения «ВЕГА» продолжается и в настоящее время.

К середине 60-х годов руководимый А.Е. Башариновым научный коллектив значительно вырос. В Московской части Института он возглавил лабораторию. Во Фрязинской части ИРЭ была организована новая лаборатория во главе с В.М. Поляковым. Анатолий Евгеньевич осуществлял научно-методическое руководство этой лабораторией, костяк которой составили его ученики К.П. Кирдяшев, Б.Г. Кутуза, В.Г. Тестов, А.М. Шутко. Сотрудниками этой лаборатории были проведены серии лабораторных и наземных экспериментов по радиоизлучению плазменных образований, облачной атмосферы, морской поверхности, почво-грунтов, растительности и др. На большом радиотелескопе РТ-22 Физического института им. Лебедева совместно с группой А.Е. Саломоновича впервые выполнены измерения радиоизлучения планет Меркурия, Сатурна и Марса. Анатолий Евгеньевич был инициатором самолета-лаборатории на базе серийного пассажирского самолета ИЛ-18.

Однако космические исследования микроволнового излучения планет в Институте начались не с Земли, а с Венеры. В то время радиоастрономы обнаружили уникальный феномен Венеры, который состоял в том, что усредненная по диску яркостная температура на волне 8 мм оказалась равной 400К, а на волне 3 см – 600К. Чтобы решить эту загадку, в СССР и США были разработаны космические аппараты для облета Венеры с тем, чтобы с близкого расстояния измерить ее яркостную температуру одновременно на нескольких длинах волн. Анатолий Евгеньевич принимал активное участие в организации этого космического эксперимента. При подготовке его коллективом С.Т. Егорова был создан бортовой многочастотный радиотелескоп.

К сожалению, в 1962 году полет советского космического аппарата к Венере не состоялся. В СССР больше такие космические эксперименты к Венере не планировались. И вот тут встал вопрос: а что произойдет, если космические

радиотелескопы будут направлены не на Венеру, а на Землю? Я хорошо помню наши беседы с Анатолием Евгеньевичем во время конференции по радиоастрономии, которая состоялась в Горьком в 1963 году. На этой конференции была представлена моя первая работа в соавторстве по измерению спектра микроволнового излучения Венеры на радиотелескопе РТ-22 ФИАН. Мы долго обсуждали то, каким способом проводить измерения, какие длины волн использовать, можно ли определить геофизические параметры по измерениям микроволнового излучения из космоса. После этих бесед он попросил меня подготовить заявку на изобретение. Обсуждение ее состоялось в более широком составе. В 1963 г. А.Е. Башаринов, С.Т. Егоров, М.А. Колосов и Б.Г. Кутуза получили авторское свидетельство на СВЧ-радиометрический способ определения геофизических параметров с летательных аппаратов. Было показано, что измерения радиоизлучения Земли с самолета или со спутника одновременно в нескольких участках спектра или на разных поляризациях позволяют отдельно определять параметры атмосферы и поверхности. На рис. 2 можно видеть авторское свидетельство.



**Рис. 2. Авторское свидетельство и первая страница статьи о СВЧ радиометрическом методе дистанционного зондирования атмосферы с летательного аппарата**

Особенность его в том, что оно имеет приоритет с 1963 года, а в Государственном реестре зарегистрировано в 1968 году. Это произошло из-за грифа секретности, которое наложили на авторское свидетельство из-за того, что в нем упоминались миллиметровые волны, которые в то время были засекречены. Но через 2 года вышла статья Дэвида Стейлина (D. Staelin) в американском журнале, в которой были изложены те же положения и идеи о микроволновом зондировании Земли из космоса, что и в нашей работе. Потребовалось более двух лет, чтобы рассекретить авторское свидетельство, которое явилось основой при постановке космического эксперимента.

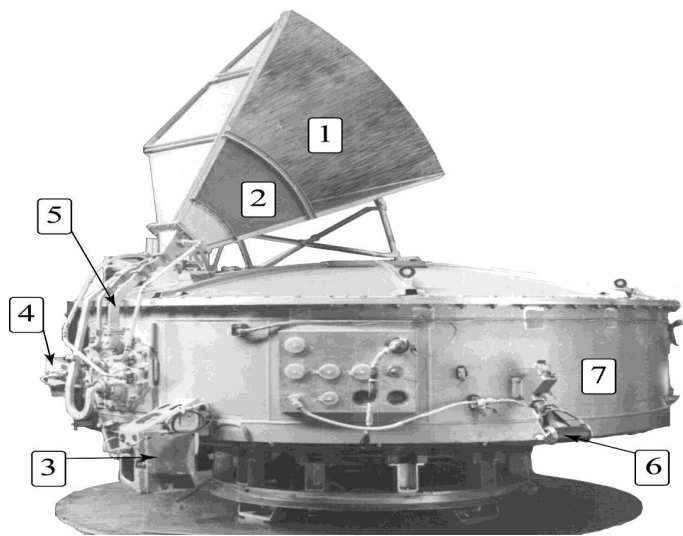
Во время подготовки спутникового эксперимента по исследованию радиоизлучения Земли образовался сильный слаженный коллектив из сотрудников ИРЭ АН ССР, ИФА АН СССР и МНИИП во главе с А.Е.Башариновым, А.С. Гурвичем и С.Т. Егоровым. Ключевым результатом работ коллектива явился запуск на орбиту спутника «Космос-243» 23 сентября 1968 года. Проектировать аппаратуру для проведения эксперимента было возможно только в связке с устройством конкретного спутника. И тут нам крупно повезло. В начале 1960 г. в Куйбышевском филиале ЦКБ экспериментального машиностроения (ныне «ЦСКБ-ПРОГРЕСС») в составе специализированного спутника был спроектирован относительно небольшой герметизированный контейнер для проведения автономных экспериментов в космосе продолжительностью 7 – 10 суток. Электронные устройства управления экспериментом и преобразования показаний датчиков могли быть размещены внутри контейнера. Сами датчики, например, приемники излучения размещались снаружи на стенках контейнера.

Контейнер Куйбышевского ЦКБ вполне был пригоден для решения главной задачи: показать возможность получения новой, полезной для метеорологии информации о состоянии атмосферы и подстилающей поверхности радиоастрономическими методами и технологиями.

Условиями использования контейнера были:

- постановка эксперимента и его результаты должны быть несекретны,
- подробное сообщение в печати о полученных результатах должно последовать в кратчайший срок после завершения измерений в космосе.

На рис. 3 представлен приборный контейнер с антеннами перед запуском спутника «Космос-243».



**Рис. 3. Общий вид приборного контейнера спутника «Космос-243». Можно видеть 7 бирок, которые указывают на отдельные детали приборного контейнера: 1 – рупорно-параболические антенны для длин волн 3.2 и 8.5 см; 2 – антенна для длины волны 1.35 см; 3 – зеркально-линзовая антенна для длины волны 8 мм; 4 – опорные рупорные антенны, направляемые в зенит; 5 – волноводные тракты, соединяющие антенны с радиометрами; 6 – антенна командно-телеметрической линии; 7 – герметичный контейнер с радиометрами, системами электропитания, управления и телеметрии.**

На борту спутника было 4 СВЧ радиометра на волнах 8,5 см; 3,4 см; 1,35 см и 0,8 см. Флуктуационная чувствительность при постоянной времени 1 сек составляла на указанных длинах волн соответственно 0.7 К; 0.6 К; 1.3 К и 1.9 К. Антенны СВЧ радиометры были направлены в надир. Пространственная разрешающая способность

СВЧ радиометра составляла около 30 км, а на остальных она была примерно в два раза меньше.

Космический этап эксперимента начался 23 сентября 1968. После успешного выхода на орбиту спутник с контейнером получил имя «Космос-243». Перед запуском участники эксперимента разъехались по стране. А.Е. Башаринов находился в центре управления под Москвой, А.С. Гурвич немного ранее улетел на космодром для проведения последних предполетных проверок аппаратуры, Б.Г. Кутуза и А.М. Шутко отправились в район озера Балхаш и в Томскую область, чтобы на НИПах (наблюдательном измерительном пункте) следить за информацией, сбрасываемой со спутника по радиолинии. Космический этап прошел по намеченному плану, без особых сбоев. По окончании активного семисуточного цикла измерений радиоизлучения Земли на спутнике «Космос-243» участники эксперимента с НИПов вернулись в Москву с бумажными лентами, на которых были записаны уникальные данные.

Начался этап обработки и анализа данных измерений. Через три месяца интенсивной работы стало ясно, что эксперимент на спутнике «Космос-243» полностью удался и надо отправлять в печать подробное сообщение о результатах, чтобы выполнить условия, на которых был предоставлен контейнер. Подготовить сообщение не представляло проблемы, благо материала было достаточно. Задача состояла в том, как быстро провести этот материал через комиссию Главлита. Рукопись была направлена в редакцию газеты «ПРАВДА», сотруднику редакции текст понравился – «напечатаем после небольшой правки». Когда же робко напомнили ему о Главлите, последовал жесткий ответ: «здесь мы решаем, что можно публиковать». 21 января 1969 г. в газете «ПРАВДА» вышла статья А. Обухова, Д. Ильичева, А. Башаринова, А. Гурвича, С. Егорова «Радиотелескопы смотрят на Землю». Среди его авторов Генеральный Конструктор, создатель и руководитель «ЦСКБ-ПРОГРЕСС» Дмитрий Ильич Козлов под псевдонимом Д. Ильичев.

Результаты экспериментов на ИСЗ «Космос-243» повлияли на развитие спутниковой метеорологии в США. В США спутниковые измерения Земли начались после запуска метеоспутника «Nimbus-5» в декабре 1972 г. На спутнике был установлен сканировавший по углу радиотелескоп, который регистрировал радиоизлучение Земли на одной длине волны 1,55 см. Автор и руководитель проекта, профессор MIT David H. Staelin приехал в Москву вскоре после запуска «Nimbus-5». Во время встречи с А.Е. Башариновым и А.С. Гурвичем рассказал, что работы по проекту начались до спутника «Космос-243», но из-за недостаточного финансирования шли очень медленно. Узнав о публикации в «Правде», профессор D. Staelin срочно заказал ее перевод. Перевод и аргумент: «У русских это уже есть» мгновенно сняли все вопросы о финансировании.

На рис. 4 приведена фотография, полученная во время работы Международной конференции COSPAR 1970. Можно видеть Анатолия Евгеньевича, беседующего с А.М. Обуховым, А.С. Гурвичем, Г.С. Голицыным. На этой конференции А.Е. Башаринов впервые докладывал о результатах, полученных на спутнике «Космос-243».





**Рис.4. Международная конференция COSPAR 1970, Ленинград, Таврический дворец, май 1970 г. Слева направо в первом ряду сидят акад. Г.С.Голицын, проф. А.С.Гурвич, проф. А.Е.Башаринов.**

В 70-е гг. прошлого века по линии Совета «Интеркосмос» осуществлялось активное советско-американское сотрудничество. Была создана советско-американская рабочая группа по исследованию Земли из космоса. А.Е. Башаринов возглавил секцию микроволнового дистанционного зондирования Земли. В 1973-1978 гг. ее заседания регулярно 2 раза в году проводились поочередно в Москве и в центре космических полетов им. Годдарда (GSFC), штат Мэриленд. На этих заседаниях всегда стоял вопрос об обмене и анализе данных спутников «Космос» и «Нимбус». Прошло уже 53 года после запуска спутника «Космос-243». К сожалению, ничего сравнимого по значимости результатов в области спутниковой СВЧ радиометрии в России не было получено.

Приведем основные идеи и решения научных проблем, опубликованные в работах А.Е. Башаринова.

- Обоснование перспективности применения радиоволн для изучения окружающей среды.
- Разработка и внедрение спутникового СВЧ радиометрического метода дистанционного определения геофизических параметров.
- СВЧ радиометрический метод определения влажности почв.
- Комплексный подход к дистанционному зондированию природной среды, основанный на разумном сочетании методов активного и пассивного зондирования.
- Проведение первых экспериментов по радиолокационному подповерхностному зондированию.
- Использование пассивных СВЧ методов для диагностики низкотемпературных плазменных образований.

А.Е. Башаринов был не только крупным ученым, но и человеком прекрасной души. Внешне он иногда казался строгим и несколько сухим, но самом деле это был очень добрый и отзывчивый человек. Анатолий Евгеньевич обладал такими прекрасными качествами, которые привлекали к нему многих людей. На профессиональном уровне он поддерживал общение с большим числом ученых как в нашей стране, так и за рубежом. К нему всегда можно было обратиться за помощью и советом. Он помогал многим своим ученикам в житейских вопросах. В то же время при обсуждении научных дел он был принципиален и требователен к своим ученикам и коллегам по лаборатории, но при этом никогда не подавлял их индивидуальности. Он не терпел общих разговоров на научную тему, пустозвонства и поверхностных знаний.

Последние годы А.Е.Башаринов тяжело болел. Это был неизлечимый недуг. Он отчаянно боролся с ним. В то короткое время, когда болезнь отступала, Анатолий Евгеньевич продолжал активно работать, может даже с большей энергией и отдачей, чем раньше. Он продолжал в ИРЭ руководить многими научными темами, работал с аспирантами, читал лекции студентам в МЭИ. Его интересовали вопросы создания спутниковой системы ДЗЗ «Океан-О», в том числе проблема определения температуры морской поверхности, а также внедрение СВЧ радиометрического метода определения влажности почвы, самолетные радиолокационные исследования, подповерхностное зондирование. В последний свой день работы в Институте А.Е.Башаринов занимался подготовкой специального выпуска журнала «Радиотехника», посвященного микроволновому дистанционному зондированию.

Анатолий Евгеньевич скончался в Москве 19 ноября 1978 г. Он прожил сравнительно короткую жизнь, но успел многое сделать. Но, пожалуй, самым важным достижением явилась созданная им научная школа, состоящая из его многочисленных учеников. Эта школа сейчас включает и более молодое поколение учеников, воспитанников прямых учеников А.Е. Идеи и научные труды А.Е.Башаринова продолжают жить и это является лучшим ему памятником.

### Публикации

1. Башаринов А.Е., Гурвич А.С., Егоров С.Т. Радиоизлучение Земли как планеты. М.: Наука, 1974. 188 с.
2. Башаринов А.Е., Тучков Л.Т., Поляков В.М., Ананов Н.И. Измерение радиотепловых и плазменных излучений. М.: «Советское радио», 1968. 390 с.
3. Башаринов А.Е., Флейшман Б.С. Методы статистического последовательного анализа и их радиотехнические приложения. М.: «Советское радио», 1962. 352 с.
4. СВЧ излучение низкотемпературной плазмы. Под редакцией А.Е.Башаринова. М.: «Советское радио», 1974. 256 с.
5. А.с.228096 (СССР) с приоритетом от 7 мая 1963 г. Радиометрический способ обнаружения областей дождевых образований с летательных аппаратов. // А.Е.Башаринов, С.Т.Егоров, М.А.Колосов, Б.Г.Кутуза.
6. Башаринов А.Е., Егоров С.Т., Колосов М.А., Кутуза Б.Г. Особенности метода сверхвысокочастотного радиометрического зондирования атмосферы с летательных аппаратов. // Труды ГГО им. А.И. Воейкова. №222. С.153-158.
7. Башаринов А. Е., Гурвич А. С., Егоров С. Т. Определение геофизических параметров по данным теплового радиоизлучения, полученного со спутника «Космос-243» // Докл. Акад. наук СССР. 1969. Т. 188. С. 1273–1276.
8. Башаринов А.Е., Кутуза Б.Г. Исследование радиоизлучения и поглощения облачной атмосферы в миллиметровом и сантиметровом диапазонах волн. // Труды ГГО им. А.И. Воейкова, 1968, вып.222, с.100-110.
9. Башаринов А. Е., Бородин Л. Ф., Гурвич А. С., Малкевич М. С., Шутко А. М. Исследование состояния материковых покровов и акваторий методами СВЧ радиометрии // Успехи физ. наук. 1975, Т. 16. Вып. 4, С. 743–746.
10. Башаринов А.Е., Митник Л.М. Особенности поля влажности над океаном по данным радиометрических сверхвысокочастотных измерений с ИСЗ «Космос-243» // Метеорология и гидрология. 1970, N. 10, С. 13–18.
11. Башаринов А.Е., Кутуза Б.Г. Определение температурной зависимости времени релаксации молекул воды в облаках и возможности оценки эффективной температуры капельных облаков по СВЧ радиометрическим измерениям. – Изв.вузов, Радиофизика, 1974, т.17, №1, с.52-57.