

23. *Абрагам А.* Время вспять (или Физик, физик, где ты был?). М.: Наука. Главн. ред. физ.-мат. лит., 1991. 392 с.
24. *Родак М.И.* О возможных следствиях изменения спин-спиновой температуры спиновой системы в твердом теле // ФТТ. 1964. Т. 6. Вып. 2. С. 521–528.
25. *Atsarkin V.A., Rodak M.I.* Magnetic Resonance and Relaxation. (Proc. XV Colloque AM-PEPE, Grenoble, 1968) / Ed. by Averbuch P. Amsterdam-London: North Holland Publishing Company, 1969. P. 496–497.
26. *Ацаркин В.А., Родак М.И.* Температура спин-спиновых взаимодействий в электронном парамагнитном резонансе // УФН. 1972. Т.107. Вып.1. С.1–27.
27. *Wenckebach T.* Essentials of Dynamic Nuclear Polarization. The Netherlands: Spindrift Publications, 2016. 296 p.
28. *Ацаркин В.А.* Спиновая температура // Физическая энциклопедия Т.4. С. 633.

Научный вклад С.Э. Хайкина в развитие теории нелинейных колебаний и создание отечественной школы в области радиоастрономии

В.В. Кудрявцев

Работы в области теории нелинейных колебаний

Свою научную деятельность Семен Эммануилович Хайкин (1901–1968) начал в 1928 г. в Московском университете в группе молодых ученых-энтузиастов, работавших на кафедре теоретической физики [1]. Ее возглавлял академик АН СССР Л.И. Мандельштам. В первой половине 1930-х гг. С.Э. Хайкин и другие ученики Л.И. Мандельштама работали над созданием методов изучения автоколебаний. Исследования С.Э. Хайкина в этот период были посвящены теории автоколебаний и применению ее методов к решению различных радиофизических проблем. В основном работы охватывали два направления.

1. Исследование явления захватывания (принудительной синхронизации) при малых величинах внешнего воздействия.

С.Э. Хайкиным было экспериментально установлено, что относительная ширина полосы частот захватывания, на границе которой синхронизация исчезает, и начинаются биения, пропорциональна отношению амплитуды сигнала к амплитуде автоколебаний. В результате проведенных работ был разработан метод измерения напряженности полей радиостанций по ширине полосы частот захватывания. Впоследствии исследования явления захватывания были перенесены в акустику. В 1931 г. К.Ф. Теодорчик и С.Э. Хайкин обнаружили явление акустического захватывания, на основе которого был предложен метод измерения интенсивности звуковых полей.

2. Теоретические и экспериментальные исследования релаксационных автоколебаний (например, в системах с сухим трением).

В этом направлении С.Э. Хайкин и Н.Л. Кайдановский выполнили работы по

изучению механических релаксационных автоколебаний в системе с сухим трением. Эти исследования имели большое значение не только как наглядный пример автоколебательных процессов такого типа, но и как физический способ анализа характеристик трения между поверхностями твердых тел.

С.Э. Хайкин внес значительный вклад в теорию нелинейных колебаний, в частности, в изучение автоколебательных процессов. Квинтэссенцией его научного творчества в этой области стал выход в свет книги «Теория колебаний. Часть I» (1937 г.) [2], в которой он был одним из авторов. Вскоре книга стала настольной не только для отечественных, но и иностранных специалистов по теории нелинейных колебаний.

Создание отечественной школы в области радиоастрономии

Инициатором развития отечественной радиоастрономии был академик АН СССР Н.Д. Папалекси. Он предложил провести наблюдение радиоизлучения Солнца во время его продолжительного полного затмения. Такое событие должно было произойти 20 мая 1947 г. в Бразилии. Согласно теоретическим расчетам, проведенным В.Л. Гинзбургом и И.С. Шкловским, излучение в метровом диапазоне волн должно исходить из солнечной короны. Этот вывод требовалось подтвердить экспериментально. Ахиллесовой пятой радиоастрономии в тот период была низкая угловая разрешающая способность радиотелескопов, что не позволяло исследовать на Солнце области, составляющие даже минуты дуги. Н.Д. Папалекси предложил провести измерения радиоизлучения Солнца с помощью антенны с широкой диаграммой направленности, установленной на теплоходе.

После преждевременной кончины Н.Д. Папалекси (февраль 1947 г.) С.Э. Хайкин возглавил подготовку и проведение Бразильской экспедиции [1; 3]. В середине мая 1947 г. теплоход «Грибоедов» прибыл в залив Баия (Бразилия). Наблюдения затмения Солнца проводились на длине волны 1,5 м с помощью синфазной антенны, неподвижно закрепленной на палубе теплохода. В день проведения наблюдений взаимное расположение Солнца, Луны и Земли было таким, что видимый с Земли диск Луны был на 5 % больше видимого диска Солнца. Во время полной фазы затмения закрытым оказался не только яркий солнечный диск (фотосфера), но и хромосфера. Незакрытой осталась только солнечная корона. Отсюда следовал важный вывод: радиоизлучение исходит из солнечной короны.

Открытие явления радиоизлучения солнечной короны стало первым значительным достижением, полученным советскими учеными в области радиоастрономии. С.Э. Хайкин понимал, что для развития радиоастрономии нужно, во-первых, воспитать коллектив единомышленников – радиофизиков, которых увлекла бы астрофизическая тематика, а, во-вторых, разработать инструментальную базу для наблюдений – радиотелескопы и радиометры, работающие в различных диапазонах.

В 1943 г. С.Э. Хайкин предложил Президиуму АН СССР программу работ по исследованию условий распространения радиоволн в диапазоне от 6 м до 3 см во всей толще земной атмосферы с использованием в качестве вземных генераторов Солнца, Луны и некоторых дискретных источников радиоизлучения. Эта задача имела

большое практическое значение для навигации космических ракет. Программа указанных работ была принята со сроком окончания к 1950 г. С.Э. Хайкин, увлеченный новой тематикой, решил сосредоточить усилия своего коллектива на изучении радиоастрономических задач. Помимо своих прежних сотрудников А.Е. Саломоновича, Я.И. Лихтера и Н.Л. Кайдановского, С.Э. Хайкин принял в штат В.В. Виткевича, Б.Г. Горожанкина, Б.М. Чихачева, нескольких радиоинженеров и техников. Для проведения исследований ФИАН была организована Крымская экспедиция (КЭ). Ее начальником был А.Е. Саломонович.

Именно на г. Кошка, где сосредоточилась основная часть КЭ, были созданы первые крупные отечественные радиотелескопы [4]. При их конструировании были использованы радиолокаторы времен Великой Отечественной войны. Первый крымский радиотелескоп ФИАН был разработан А.Е. Саломоновичем, Н.Л. Кайдановским и П.Д. Калачевым и запущен в 1949 г. Он представлял собой решетчатую синфазную антенну, с помощью которой на длине волны 1,5 м проводились, в частности, измерения радиоизлучения активных областей Солнца.

Для длины волны 10 см необходим был радиотелескоп с зеркалом диаметром 7–10 м. При его создании был использован сохранившийся каркас параболического рефлектора с диаметром 7,5 м от трофейного немецкого радиолокатора «Вюрцбургризе», работавшего на длине волны 50 см. При этом удалось увеличить диаметр зеркала до 10 м. Кроме того, П.Д. Калачевым, А.Е. Саломоновичем и Н.Л. Кайдановским была разработана технология, позволившая улучшить отражающую поверхность радиотелескопа. В итоге появилась возможность работать на длине волны 10 см.

Все радиотелескопы КЭ и НИРФИ (под Горьким работала группа исследователей под руководством Г.С. Горелика и В.С. Троицкого) были подготовлены к исследованию условий распространения радиоволн в 1949 г. В результате были изучены особенности рефракции, рассеяния и поглощения радиоволн во всей толще земной атмосферы в диапазоне длин волн от 3 м до 3 см.

В 1953 г. С.Э. Хайкин создал отдел радиоастрономии в ГАО в Пулково. Его ядро составили Н.Л. Кайдановский, Н.Ф. Рыжков, Т.М. Егорова, Ю.Н. Парийский и Н.С. Соболева, Г.Б. Гельфрейх, Н.А. Есепкина, Д.В. Корольков, В.Н. Ихсанова, К.Г. Бутузова и др. По предложению С.Э. Хайкина и Н.Л. Кайдановского отражающая поверхность радиотелескопа для проведения радиоастрономических наблюдений в сантиметровом и миллиметровом диапазонах должна быть расчленена на ряд небольших плоских элементов. Для наблюдений в разных направлениях профиль отражающей поверхности должен был изменяться, поэтому новый радиотелескоп получил название антенны переменного профиля (АПП).

В 1956 г. под руководством С.Э. Хайкина и Н.Л. Кайдановского был сооружен Большой пулковский радиотелескоп (БПР), ставший первым в мире телескопом с АПП. Пространственное разрешение БПР достигает 1 угловой минуты на длине волны 3 см. К научным результатам, полученным с помощью этого радиотелескопа сотрудниками С.Э. Хайкина, следует отнести:

- детальное изучение радиопятен, вспышек и распределения яркости спокойного Солнца (Г.Б. Гельфрейх, В.И. Ихсанова и др.);
- обнаружение и исследование поляризации радиоизлучения Луны, что позволило измерить диэлектрическую проницаемость поверхности и оценить «шероховатость» ее покрова (Н.С. Соболева);
- измерения координат галактических и внегалактических радиоисточников (обнаружено, что более 40 % ярких источников в сантиметровом диапазоне имеют квазизвездную природу), исследование их структуры и поляризации (Ю.Н. Парийский, Н.С. Соболева и др.);
- исследование тонкой структуры некоторых областей Галактики на линиях 21 и 18 см, соответствующих излучению нейтрального водорода и гидроксила (Н.Ф. Рыжков, Т.М. Егорова, Н.В. Быстрова и др.) и т. д.

В 1965 г. по инициативе сотрудника МГУ и ИКИ Н.С. Кардашева было выдвинуто предложение о разработке нового радиотелескопа типа АПП диаметром 600 м. Строительство должна была возглавить Пулковская обсерватория. Научным руководителем по новому радиотелескопу, названному РАТАН-600, был назначен Ю.Н. Парийский, а главным конструктором – Н.Л. Кайдановский. В основу конструкции РАТАН-600 была положена идея АПП С.Э. Хайкина и Н.Л. Кайдановского (они же участвовали в разработке его проекта). Северный сектор РАТАН-600 был введен в эксплуатацию в 1974 г. С.Э. Хайкин не стал свидетелем этих открытий. В 1967 г. он ушел на пенсию.

Подводя итоги, отметим, что именно С.Э. Хайкин возглавил работы по проектированию, разработке и введению в эксплуатацию новых радиотелескопов, радиометров и другой радиоастрономической аппаратуры. Оказывая научное и педагогическое влияние на своих учеников, С.Э. Хайкину удалось сформировать коллектив радиоастрономов. Впоследствии многие из них стали выдающимися специалистами в области теоретической и прикладной радиоастрономии.

Литература

1. *Якута А.А., Илюшин А.С., Илюшин Я.А., Кудрявцев В.В.* Семен Эммануилович Хайкин: педагог и ученый (в 2-х частях). М.: МЦНМО, 2021. 848 с.
2. *Андронов А.А.* Теория колебаний. Ч. 1 / А.А. Андронов и С.Э. Хайкин. М., Л.: ОНТИ НКТП СССР. Гл. ред. техн.-теорет. лит., 1937. 519, [2] с.
3. *Кудрявцев В.В.* Применение научно-школьного подхода к истории отечественной радиоастрономии // Исследования по истории физики и механики 2014–2015. М.: Янус-К. С. 314–348.
4. *Очерки истории радиоастрономии в СССР / Под ред. А.Е. Саломоновича.* Киев: Наук. думка, 1985. 275 с.