

## Рашид Алиевич Сюняев

*(к семидесятилетию со дня рождения)*



Рашид Алиевич Сюняев – один из лидеров мировой астрофизики, с именем которого связаны фундаментальные результаты современной теоретической астрофизики и космологии, вошедшие в учебники и университетские курсы теоретической астрофизики и физической космологии во всем мире. 1 марта 2013 г. ему исполняется 70 лет.

Рашид Алиевич родился 1-го марта 1943 г. в Ташкенте в семье уроженцев Пензенской губернии – инженера-строителя Али Сюняева и фармацевта Саиды Кильдеевой. По словам Р.А.Сюняева, большую роль в формировании его мироощущений и интересов сыграло общение с отцом, который из-за происхождения и ссылки семьи не имел возможности



*Рашид Сюняев с родителями. Ташкент, 1945 г.*



*Трижды Герой Социалистического Труда, академик Яков Борисович Зельдович.  
Москва, 1974 г.*



*Авторы стандартной теории дисковой аккреции, Николай Иванович Шакура  
(ныне профессор МГУ) и Р.А.Сюняев. Москва, 1973 г.*



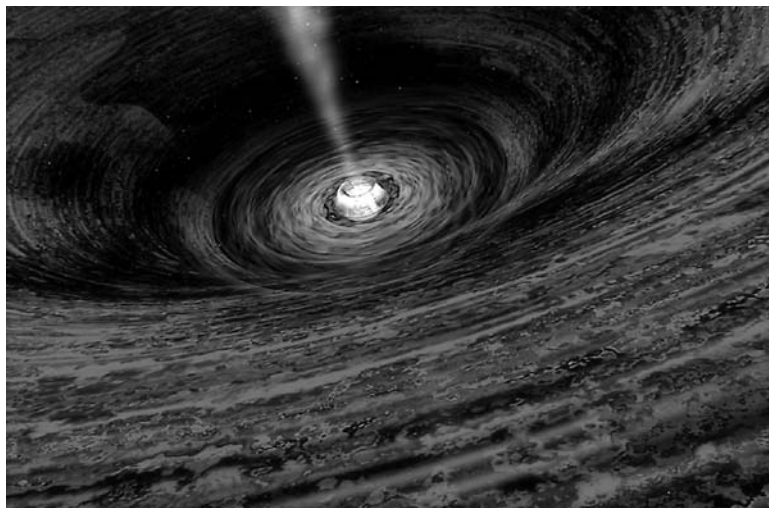
*Младший научный сотрудник. Москва, 1969 г., когда всю жизнь шла работа над статьями по космологии, за которые через 40 лет стали давать международные премии*

заниматься интересующим его делом, но всю жизнь посвятил самообразованию и имел широкие интересы и особое почтение к науке, любил и хорошо знал историю и литературу. После школы в Ташкенте Р.А.Сюняев с от-

личием окончил Московский физико-технический институт в 1966 г.

В 1965 г. Р.А.Сюняев стал студентом-дипломником, а затем аспирантом академика Я.Б.Зельдовича в Институте прикладной математики АН СССР. Встреча с Я.Б.Зельдовичем и почти ежедневный контакт с ним в течение последующих 22 лет сыграли колоссальную роль в судьбе Р.А.Сюняева и способствовали формированию его как ученого, работающего на стыке теории и эксперимента. Работа с ЯБ была постоянной учебой, требовавшей максимальной самоотдачи, но и приносившей радость ежедневного познания нового и неизведанного. ЯБ умел поддерживать молодых и вселять в них глубочайший интерес к науке и веру в возможности эксперимента. Нет сомнений, что студенту Р.А.Сюняеву не могло повезти больше – Учитель у него был замечательный и уникальный.

Научные интересы Р.А.Сюняева охватывают широкий круг астрофи-



*Аккреция на черную дыру и релятивистский джет в представлении художника (НАСА). Захваченный черной дырой газ имеет большой угловой момент и быстро вращается вокруг нее. Турбулентная вязкость способна уносить угловой момент наружу, приводя к медленному радиальному движению газа и выделению гравитационной энергии. Эта энергия излучается поверхностью диска, превращая его в ярчайший источник излучения*



*Встреча Иоанна Павла II с международной группой ученых, занимающихся космическими исследованиями. Ватикан, 1987 г. В центре академик Р.З. Сагдеев, слева Р.А. Сюняев*



*Встреча с первым Президентом Республики Татарстан Минтимером Шариповичем Шаймиевым. Казань, 2005 г.*



*Церемония вручения Международной научной премии по физике им. Короля Фейсала. Эр-Рияд, 2009 г. В центре король Саудовской Аравии Абдулла*

зических проблем – от физики элементарных процессов до физической космологии. Среди результатов, ставших неотъемлемой частью современной астрофизики, – «стандартная» теория дисковой аккреции на черные дыры и нейтронные звезды (Шакура и Сюняев, 1973, 1976); формула Сюняева – Титарчука (1980) для спектра излучения, формирующегося при комптонизации низкочастотных фотонов в горячей плазме; предсказание влияния акустических волн в ранней Вселенной на угловые флуктуации реликтового излучения и на пространственное распределение галактик в окружающей нас Вселенной (Сюняев и Зельдович, 1970); «эффект Сюняева – Зельдовича» (1972), позволяющий использовать скопления галактик в качестве мощного инструмента наблюдательной космологии. Студенты, изучающие астрофизику, узнают имя Р.А.Сюняева именно по этим результатам.

Теория аккреционных дисков Шакуры – Сюняева давно стала общепринятой при описании переноса вещества и энерговыделения в тесных двойных системах и при аккреции на сверхмассивные черные дыры. Эта же теория применяется и для описания протопланетных дисков. Статья Шакуры и Сюняева (1973) по теории аккреции – самая цитируемая работа в мировой теоретической астрофизике (5870 ссылок согласно NASA ADS) и одна из самых цитируемых (среди почти трех миллионов работ) статей в современной астрофизике.

Аккрецирующие нейтронные звезды и черные дыры наблюдаются как мощные рентгеновские и гамма-источники. Основным механизмом формирования спектров их рентгеновского и гамма-излучения является комптонизация. Формула Сюняева–Титарчука (1980) стала ключевой при описании результатов наблюдений этих объектов. Точность формулы была под-

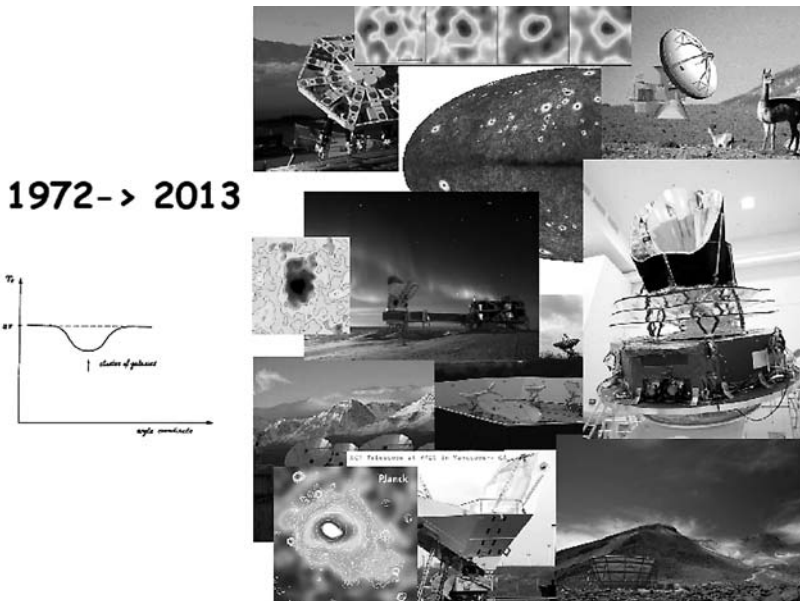
тверждена детальными расчетами, выполненными методом Монте-Карло (Поздняков, Соболев, Сюняев, 1983).

С момента опубликования работ Р.А.Сюняева и Я.Б.Зельдовича (1972), посвященных тепловому эффекту понижения яркости микроволнового фона в направлении на богатые скопления галактик, прошло уже сорок лет. За это время «эффект Сюняева – Зельдовича» из красивой теоретической идеи превратился в один из наиболее продуктивных методов наблюдательной космологии, открывающий возможность определения основных космологических параметров, в том числе определения роли «темной энергии» во Вселенной и прямого измерения постоянной Хаббла. Этот эффект обнаружен и активно исследуется в направлении нескольких тысяч скоплений галактик. Спутник «Планк» и специально созданные для исследования SZ-эффекта South Pole Telescope, Atacama Cosmology Telescope, SZ-array открыли за последние годы более тысячи неизвес-

тных ранее богатых скоплений галактик на красных смещениях  $z > 0.5$ , используя тот факт, что яркость и частотный спектр эффекта не зависят от красного смещения.

В 1980 г. Р.А.Сюняев и Я.Б.Зельдович показали, что наблюдения реликтового излучения в направлении скоплений галактик позволяют измерять и их пекулярные скорости движения относительно реликтового излучения (кинематический эффект). Кинематический эффект начал работать на наблюдательную космологию лишь в 2011–2012 гг. Исследование различных проявлений «эффекта» входит в наблюдательную программу крупнейших радиотелескопов мира.

Р.А.Сюняев, совместно с Я.Б.Зельдовичем и В.Г.Куртом (1968), рассчитал кинетику рекомбинации водорода в ранней Вселенной, показав, что темп этого процесса определяется двухфотонным распадом уровня  $2s$  в атоме водорода. В 1970 г. Сюняев и Зельдович отметили важнейшее влияние задержки рекомби-



*Наземные радиотелескопы и спутник ПЛАНК, ведущие наблюдения эффекта Сюняева–Зельдовича*



*Церемония вручения королем Швеции Карлом XVI Густавом (слева) Премии Крафурда и Золотых медалей Королевской академии наук Швеции Едварду Виттену, Максиму Концевичу и Рашиду Сюняеву. Стокгольм, 2008 г.*

нации на формирование первичных угловых флуктуаций реликтового излучения и положение «поверхности последнего рассеяния». В 2006 г. Йенс Хлуба и Сюняев рассчитали спектр излучения, приходящего к нам от эпохи рекомбинации – это сдвинутые в тысячи раз (в радиодиапазон) УФ и оптические линии атомов и ионов водорода и гелия.

В 1969–1970 гг. Р.А.Сюняев и Я.Б.Зельдович детально исследовали термализацию реликтового излучения и процессы формирования планковского спектра в ранней Вселенной. Они показали, что любое энерговыделение после стадии электрон-позитронной аннигиляции и окончания ядерных реакций должно вести к двум типам специфических искажений спектра

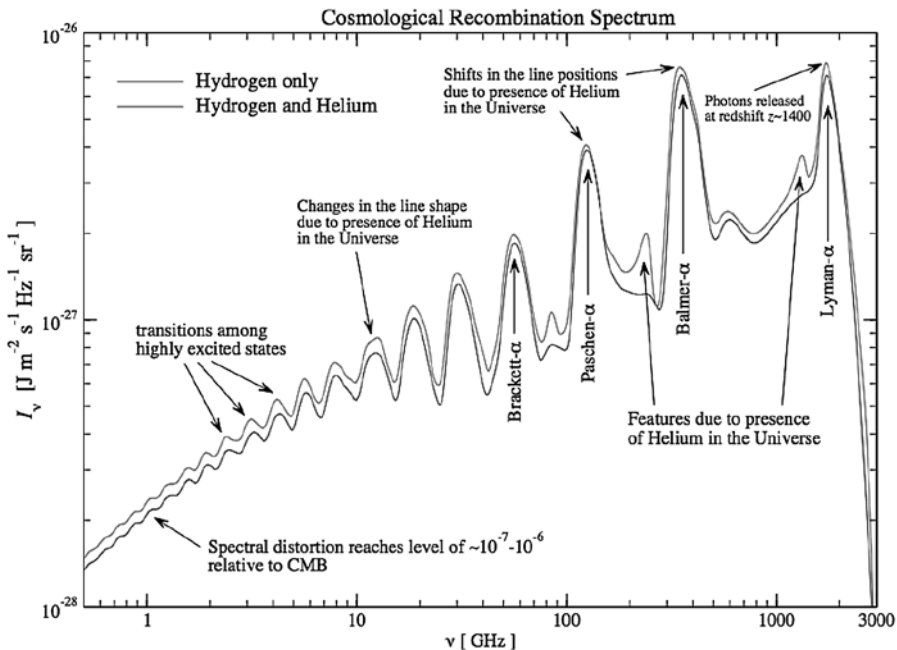


реликтового излучения. Ими впервые было найдено, на каком красном смещении  $z$  находятся «поверхность последнего рассеяния» ( $z \sim 1100$ ) и «чернотельная фотосфера» ( $z \sim 2 \cdot 10^6$ ) нашей Вселенной.

Сюняев и Зельдович (1970) предсказали существование акустических пиков в угловом распределении реликтового излучения и назвали их Сахаровскими осцилляциями. Угловой размер и амплитуды первых акустических пиков определяются значениями ключевых параметров Вселенной: постоянной Хаббла, барионной плотности и плотности темной материи и темной энергии во Вселенной. В 2000 г. акустические пики были обнаружены в ходе наблюдений с высотных баллонов. Спутники WMAP и PLANCK детально исследовали эти пики. В той же работе было предсказано существование барионных аку-

стических осцилляций в пространственном распределении галактик во Вселенной. Сегодня наблюдения БАО стали одним из важнейших методов наблюдательной космологии.

В 1973 г. Т.М. Энеев, Н.Н.Козлов и Р.А.Сюняев выполнили пионерские численные расчеты приливного взаимодействия галактик. Р.А.Сюняев и Ю.Н.Гнедин (1974) предсказали существование циклотронных линий в рентгеновских спектрах аккрецирующих рентгеновских пульсаров. Совместно с В.М.Лютым и А.М.Черепашуком (1973, 1976) было дано объяснение оптических фотометрических эффектов, наблюдаемых в двойных рентгеновских системах Her X-1=HZ Her (рентгеновский нагрев звезды и диска) и Cyg X-1 (приливное искажение поверхности нормальной звезды). М.М.Баско и Р.А.Сюняев (1973) первыми рассмот-



*Искажения в спектре реликтового излучения, связанные с рекомбинацией водорода и гелия в ранней Вселенной (Хлуба и Сюняев, 2008 г.), смещены космологическим красным смещением в радиодиапазон. Излучение водорода приведено синим цветом, суммарное излучение водорода и гелия – красным*

рели эффекты взаимодействия рентгеновского излучения с поверхностью нормальной звезды в тесной двойной системе: нагрев поверхности звезды, отражение рентгеновских лучей и формирование индуцированного звездного ветра. В 1974 г. они совместно с Л.Г.Титарчуком впервые рассчитали рентгеновский спектр излучения, отраженного холодной звездной атмосферой. В 1975 г. Р.А.Сюняев совместно с А.Ф.Илларионовым продемонстрировал важность эффекта «пропеллера» в двойных системах, содержащих нейтронную звезду с сильным магнитным полем. Р.А.Сюняев с М.Л.Маркевичем и М.Н.Павлинским (1993 г.) предсказали наблюдаемое ныне мощное излучение в рентгеновской К-альфа линии железа от молекулярных облаков вблизи сверхмассивной черной дыры в ядре нашей Галактики, фронт которого распространяется с «видимой» сверхсветовой скоростью.

В 1974 г. академик Р.З.Сагдеев пригласил Я.Б.Зельдовича и Р.А.Сюняева организовать Отдел теоретической астрофизики в Институте космических исследований АН СССР (ИКИ). В 1974–1982 гг. Р.А.Сюняев возглавлял лабораторию в этом отделе, а в 1982 г. основал в ИКИ Отдел астрофизики высоких энергий. С этого момента начался напряженный этап вхождения в экспериментальную рентгеновскую и гамма-астрономию. Рашид Алиевич осуществлял научное руководство отбором и разработкой аппаратуры, выбором программы наблюдений и обработкой данных трех наиболее успешных орбитальных астрофизических обсерваторий, запущенных в СССР и России, – обсерватории РЕНТГЕН на модуле КВАНТ комплекса космической станции МИР и орбитальных обсерваторий ГРАНАТ и ИНТЕГРАЛ. Ярчайшим результатом обсерватории РЕНТГЕН стало откры-

тие жесткого рентгеновского излучения от Сверхновой 1987А в Большом Магеллановом Облаке, связанного с радиоактивным распадом  $^{56}\text{Ni}$  и  $^{56}\text{Co}$ , синтезированных при взрыве звезды, испусканием гамма-квантов и последующей их комптонизацией из-за эффекта отдачи в холодной разлетающейся оболочке. Радиоактивный распад  $^{56}\text{Ni}$ , синтезированного в ходе ядерных реакций при гибели звезды, в  $^{56}\text{Co}$ , который в свою очередь распадается в привычное нам железо-56, является основным механизмом происхождения железа во Вселенной, а значит и на нашей Земле.

Среди результатов обсерватории ГРАНАТ – детальные рентгеновские карты центральной области Галактики, широкополосные спектры аккрецирующих черных дыр и нейтронных звезд, открытие десятков новых рентгеновских источников, в том числе ярчайшего из известных Галактических микрокварзов. Продолжает успешную работу на орбите обсерватория гамма-лучей ИНТЕГРАЛ, выведенная на высокоапогейную орбиту ракетой ПРОТОН в 2002 г. Среди ее результатов – измерение спектра аннигиляционного излучения холодных позитронов в области центра нашей Галактики (более  $10^{43}$  позитронов аннигилируют в межзвездном газе каждую секунду).

Р.А.Сюняев является научным руководителем рентгеновской орбитальной обсерватории СПЕКТР-РЕНТГЕН-ГАММА. Это крупнейший совместный проект России и Германии в области астрофизики, нацеленный на решение фундаментальных вопросов космологии – природы темной энергии и темной материи, возникновения и роста сверхмассивных черных дыр, а также поиска объектов неизвестной природы. Этот спутник в случае успешной реализации должен открыть на рентгеновском небе более 3 миллионов аккрецирующих сверх-

массивных черных дыр, проявляющих себя как ядра активных галактик, и сотни тысяч других интереснейших объектов, излучающих рентгеновские лучи (таких, например, как скопления галактик, заполненные разреженным газом с температурой в миллионы градусов). Р.А.Сюняев – Co-PI важнейшего эксперимента HFI на европейском космологическом спутнике «ПЛАНК».

Начиная с 1992 г. академик Сюняев активно сотрудничает с кафедрой астрофизики Казанского федерального университета, руководимой академиком АНТ Н.А. Сахибуллиным. При его непосредственном участии были достигнуты договоренности о завершении работ по созданию 1.5 м телескопа для КГУ в Ленинградском оптико-механическом объединении в самые тяжелые годы для промышленности в России и об установке его на горе Бакырлытепе (высота 2500 м) в 40 км от Анталы в Турции. Турецкая сторона взяла на себя строительство дороги, линии электропередачи, баш-

ни телескопа, здания Обсерватории и гостиницы для наблюдателей, транспортировку телескопа в Турцию. Российско-Турецкий полутораметровый телескоп Казанского университета и Академии наук Татарстана стал таким образом первым крупным инструментом в составе Национальной обсерватории Турции. 60% его наблюдательного времени принадлежит уже более 14 лет российским ученым (45% астрономам Казани и 15% ученым ИКИ РАН).

В Академии наук Татарстана в 1990-е гг. была создана Лаборатория, а ныне Центр астрономических исследований под руководством академика АНТ Н.А. Сахибуллина и проф. И.Ф. Бикмаева. В результате Казань стала одним из ведущих центров наблюдательной астрофизики и космологии в России. Центр астрономических исследований АНТ сыграл важнейшую роль в наземной поддержке наблюдений международной орбитальной обсерватории ИНТЕГРАЛ, ведет сейчас активную работу по отождествлению



*Российско-Турецкий телескоп на горе Бакырлытепе в Турции*



*Р.А.Сюняев расписывается в книге членов Королевского Общества. В этой книге есть подписи Исаака Ньютона, Чарльза Дарвина, Эрнеста Резерфорда, Петра Капицы и многих других ученых, с именами которых связаны фундаментальные результаты, лежащие в основе современной науки. Лондон, 2009 г.*

скоплений галактик, открываемых европейским спутником ПЛАНК по эффекту Сюняева–Зельдовича, готовится подключиться к наземной поддержке Российской орбитальной обсерватории СПЕКТР-РЕНТГЕН-

Гамма. Последние 15 лет Р.А. Сюняев вместе с академиком АНТ Н.А. Сахибуллинным осуществляют научное руководство Центром астрономических исследований АНТ. Опыт, знания и международный авторитет Р.А. Сю-

няева позволили казанским астрономам войти в новые для них области исследований, такие как космология, изучение наблюдательных проявлений черных дыр, наземная поддержка космических обсерваторий. В 2011 г. группе казанских астрономов была присуждена за эти работы Госпремия Республики Татарстан по науке и технике.

Р.А.Сюняев – лауреат многих премий и наград, в том числе – премии Бруно Росси Американского астрономического общества (AAS) (1989), Золотой медали Королевского астрономического общества (1995 г.), Золотой медали сэра Мессии Королевского общества и КОСПАР (1998), Золотой медали Катерин Вольф Брюс Тихоокеанского астрономического общества (2000), премии Хайнемана Американского института физики и AAS (2003), премии Грубера по космологии и Золотой медали Международного астрономического союза (2003), премии Крафурда по астрономии и Золотой медали Королевской академии наук Швеции (2008), награды им. Рассела – высшего отличия AAS (2008), медали им. Карла Шварцшильда (высшая награда Астрономического общества Германии) (2008), Золотой медали и Международной научной премии по физике им. Короля Фейсала (2009), премии Киото и Золотой медали в категории «Фундаментальные науки» (2011), Золотой медали Бенджамина Франклина по физике (2012). В 2000 г. Р.А.Сюняев получил Государственную премию России за результаты наблюдений черных дыр и нейтронных звезд приборами орбитальной обсерватории ГРАНАТ, в 2002 г. – премию РАН имени Александра Фридмана по гравитации и космологии, в 2011 г. ему было присвоено почетное звание «Россиянин года».

В 1984 г. Р.А.Сюняев был избран членом-корреспондентом Академии

наук СССР, а в 1992 г. – действительным членом РАН. Он иностранный член Национальной академии наук США, Лондонского Королевского общества, Национальной академии наук Германии «Леопольдина» и Королевской академии наук и искусств Нидерландов; член Европейской академии наук, почетный член Академий наук Татарстана и Башкортостана и ряда других академий и научных обществ.

Р.А.Сюняев заведует Лабораторией теоретической астрофизики в ИКИ РАН, он директор Института астрофизики Общества имени Макса Планка и главный редактор журнала «Письма в Астрономический журнал», почетный профессор Казанского федерального университета, университета Людвиг-Максимилиана в Мюнхене, почетный член знаменитого Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе в Санкт-Петербурге, приглашенный профессор Института высших исследований в Принстоне.

Со свойственной ему энергией Р.А.Сюняев продолжает активно работать по широкому кругу научных проблем. Среди них – физика рекомбинации водорода и гелия во Вселенной, спектральные детали в излучении микроволнового фона Вселенной, турбулентные движения и физические процессы в горячем газе скоплений галактик, теория пограничного слоя при аккреции на нейтронные звезды, аккреция на сверхмассивные черные дыры, звездообразование в далеких галактиках, необычная физика процессов в окрестности сверхмассивной черной дыры в нашей Галактике и многое другое.

Друзья, коллеги и ученики сердечно поздравляют Рашида Алиевича с юбилеем и желают ему новых теоретических идей, успеха астрофизических проектов и замечательных наблюдательных данных.