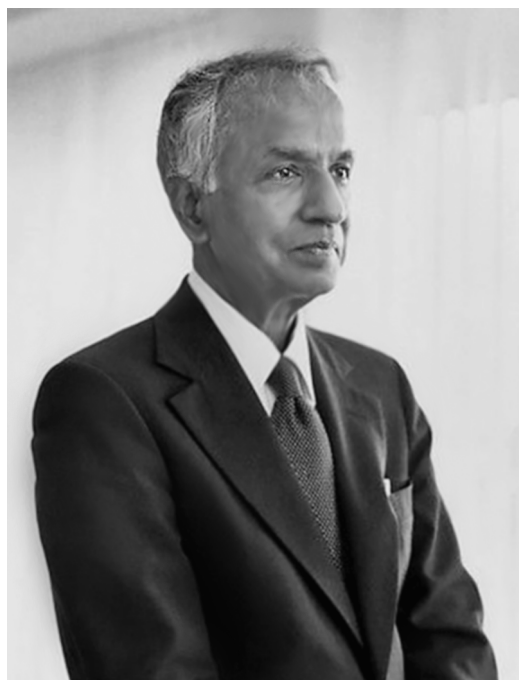


Субрахманьян Чандрасекар

Субрахманьян Чандрасекар (Subrahmanyan Chandrasekhar) – выдающийся астрофизик, физик-теоретик и педагог, лауреат Нобелевской премии (1983), член Национальной Академии наук США (1955) и Лондонского королевского общества (1944), внес огромный вклад в теорию относительности и релятивистскую астрофизику, в динамику и эволюцию звезд. Основные труды посвящены исследованию динамики, строения звезд и их атмосфер, проблемам гидродинамической и гидромагнитной устойчивости в рамках

общей теории относительности; математической физике (теории стохастических процессов). Получил фундаментальные результаты в релятивистской астрофизике и других разделах теоретической астрофизики. Развил теорию белых карликов, установил их конечную массу (предел Чандрасекара), определил конечные стадии эволюции звезд.

С. Чандрасекар (по национальности – тамиль; не имеют фамилии: Чандрасекар – имя, Субрахманьян – отчество) родился 19 октября 1910 г. в Лахоре (Индия, ныне Пакистан) в интеллигентной семье. Он был первым сыном (и третьим из десяти детей) Чандрасекара Субрахманьи Айяра – индийского правительственного чиновника, помощника аудитора железных дорог на северо-западе британской Индии (также музыковеда) и его жены, Ситы (до замужества Балакришнан) – преподавателя литературы и лингвиста. Дядя будущего астрофизика, ученый-физик Венката Рамана (1888–1970) – Нобелевский лауреат 1930 г. (работы по рассеянию света и открытие эффекта спектроскопии молекул и кристаллов, названного в его честь), основателя (в 1934 г.) и первого президента Индийской академии наук. Воодушевленный примером дяди, Чандра (как его всегда называли родные) решил стать ученым. Одаренный от природы мальчик учился дома под руководством родителей и приглашенных педагогов, он любил музыку и поэзию. В 1922 г. поступил в школу в Мадрасе, куда семья переехала в 1918 г.



С. Чандрасекар. Конец 1970-х гг.

Окончив школу в 1925 г., он поступил в Президентский колледж Мадрасского университета, где выбрал основным предметом физику; увлекся заманчивой темой эволюции звезд, особенно интересуясь последними открытиями в астрофизике. Будучи старшекурсником, он в 1928 г. опубликовал статью, где, в связи с процессами внутри звезд, анализировалась термодинамика эффекта Комптона (изменение длины волны рентгеновского излучения при рассеянии фотонов); названа так по имени лауреата Нобелевской премии американского физика А. Комптона. В 1930 г. Чандрасекару присвоили степень бакалавра, вручив диплом с отличием.

В том же году за отличную учебу он получил стипендию индийского правительства для обучения в аспирантуре Кембриджского университета. Во время долгого путешествия в Англию Чандрасекар читал книгу выдающегося астрофизика сэра А. Эддингтона "Внутреннее строение звезд", которую получил в качестве награды на конкурсе по физике. В книге утверждалось, что, когда истощается топливо в звездах, они сжимаются, выделяя избыток энергии. А такая звезда, как Солнце, превратится в раскаленный шар размером с Землю – белый карлик плотностью в 10 т/см^3 , после чего она будет остывать, оставаясь вечно неизменной.

С этого времени молодой ученый посвятил себя служению науке. Его жизнь можно разделить на несколько этапов теоретических исследований. Вот что он написал в автобиографии: "Было семь периодов в моей жизни: звездная структура, включая теорию белых карликов (1929–1939); звездная динамика, включая теорию броуновского движения (1938–1943); теория переноса излучения, включая теорию звездных атмосфер и квантовую теорию отрицательного иона водорода, и теория планетных атмосфер, включая теорию освещенности



Семья Чандрасекар: мать Сита (держит на руках Чандрасекара) и отец Айяр с двумя дочерьми. Лахор, Индия. 1910 г.

и поляризации солнечного неба (1943–1950); гидродинамическая и гидромагнитная устойчивость, включая теорию конвекции Рэлея-Бенара (1952–1961); равновесие и устойчивость эллипсоидальных фигур равновесия, отчасти в сотрудничестве с Н. Лебовиц (1961–1968); общая теория относительности и релятивистская астрофизика (1962–1971); математическая теория черных дыр (1974–1983)".

В Тринити-колледже в Кембридже Чандрасекар три года изучал теоретическую физику и теорию эволюции звезд под руководством известного британского астрофизика Р. Фаулера. По совету английского физика-теоретика, одного из создателей квантовой механики П. Дирака Чандрасекар последний год своих докторских исследований провел у датского физика-теоретика, лауреата Нобелевской премии Н. Бора в Институте теоретической физики в Копенгагене. Получив докторскую степень летом 1933 г.,



С. Чандрасекар после защиты докторской степени. Кембридж, Англия. Лето 1933 г.



В Тринити-колледже. Кембридж, Англия. 1930-е гг.

он получил блестящее образование. Еще четыре года Чандрасекар входил в состав ученого совета Тринити-колледжа. Там во время учебы и работы он установил дружеские отношения с профессорами Кембриджа, в том числе с А. Эддингтоном и специалистом в области физики звездных атмосфер и внутреннего строения звезд Э. Милном.

В возрасте 21 года начинающий ученый опубликовал три работы по астрофизике: “Конфигурации звездных масс при сильном сжатии”, “Максимальная масса идеальных белых карликов” и “Плотность белых карликов”. Изучая динамику звезд и этапы их эволюции, ему удалось рассчитать предельную массу белых карликов. Чандрасекар показал, что большие и малые звезды ведут себя по-разному по окончании ядерных реакций. С помощью квантовой механики и теории относительности он проанализировал поведение звездного вещества в процессе его сжатия: если масса звезды достаточно мала, то гравитационное давление, вызывающее сжатие, постепенно уравновешивается внутренним давлением и звезда достигает внутреннего равновесия (при размерах белого карлика). Этот вывод остается справедливым в классической физике, где его источником считается по преимуществу тепловая энергия электронов; или в рамках квантовой механики, когда приходится учитывать величину энергии Ферми (по имени Э. Ферми; Земля и Вселенная, 2015, № 3), зависящую от плотности электронов. Если критическая масса звезды превзойдет в 1,4 раза массу Солнца, то ее гравитационное поле превысит противодействующие силы и звезда сожмется до невероятно малого размера и огромной плотности, превратившись в белый карлик. Это ограничение названо “пределом Чандрасекара”.

В октябре 1933 г. Чандрасекар был удостоен премии – именной стипендии Тринити-колледжа на период с 1933 по

1937 г. В 1934 г. его пригласили на заседание Королевского астрономического общества в Лондоне, попросив рассказать о своих вычислениях звезд на последней стадии эволюции. Он сделал доклад, в котором выдвинул идею черных дыр. В нем говорилось, что сжимающаяся мертвая звезда с массой, в два-три раза превышающей массу Солнца, выделит огромное количество энергии, превратившись в сверхновую, а затем взорвется. Ее наружная оболочка будет выброшена в окружающее пространство, “остаток” сожмется до размеров устойчивой нейтронной звезды плотностью порядка 100 млн т/см^3 .

В январе–марте 1936 г. состоялся его краткий визит в Гарвардский университет (Кембридж, штат Массачусетс) по приглашению директора, известного астронома доктора Х. Шепли. Один из крупнейших американских астрофизиков О.Л. Струве и президент Чикагского университета Р. Хатчинс предложили Чандрасекару должность научного сотрудника.

Во время поездки в Индию в 1936 г. Чандрасекар женился на стипендиатке Президентского колледжа Лалите Дорайсвами (по национальности индианка). Она стала его поддерживать во всех делах, обеспечив условия для научной деятельности, окружив его заботой и вниманием (детей у них не было).

В январе 1937 г. Чандрасекар переехал в США, заняв должность научного сотрудника на астрономическом факультете Чикагского университета. В 1938 г. ученый стал адъюнкт-профессором, в 1944 г. – полным профессором и с 1947 г. до конца жизни состоял почетным профессором астрофизики Чикагского университета. Лишь в 1953 г. он получил американское гражданство.

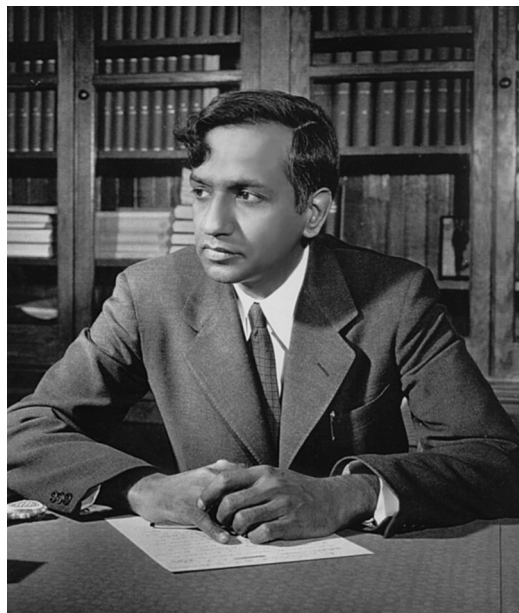
В ранних исследованиях (1929–1939 гг.), продолжая работы Г. Лейна, Р. Эмдена и А. Эддингтона, Чандрасекар изучил свойства звезд с точки зрения общих физических законов,



С. Чандрасекар с женой Лалитой в обсерватории Макдональда Техасского университета. 1939 г.

рассмотрел свойства вещества, формирующегося под действием огромных температур и давления звездных недр. Разработал теорию механического равновесия белых карликов на основе точного уравнения состояния для полностью вырожденного газа, рассмотрел звездные конфигурации с вырожденным ядром. В конце 1930-х гг. – начале 1940-х гг. создал полную теорию эволюции и внутреннего строения массивных звезд. В своей монографии “Введение в учение о строении звезд” (1939, пер. на русск. в 1950) строго и последовательно изложил теорию внутреннего строения звезд, рассмотрел физическое состояние вещества и излучения внутри звезд.

В 1942 г. совместно с бразильским физиком М. Шёнбергом изучил звездные конфигурации с различным химическим составом в ядре и в оболочке, определил предел для изотермического ядра звезды, с превышением которого начинают протекать термоядерные реакции в сферическом слое вне ядра звезды (предел Шёнберга–Чандрасекара); эта теория легла в основу моделей строения красных гигантов. Ученый проанализировал процессы



*Профессор Чикагского университета.
Конец 1940-х гг.*

переноса излучения в звездных атмосферах, предложил методы решения уравнений, используемых для их описания; разработал математический аппарат теории черных дыр и использовал его для проверки устойчивости этих объектов.

После работ по изучению внутреннего строения звезд Чандрасекар в книге "Принципы динамики звезд" (1942, пер. на русск. в 1948), исходя из закона всемирного тяготения, на основе классической механики построил теорию звездной динамики и вывел все возможные при таком подходе следствия. Рассмотрел особенности динамического трения, замедление движения любой звезды в галактике из-за гравитации окружающих звезд. В его монографии "Стохастические проблемы в физике и астрономии" (1943, пер. на русск. в 1947) изложены исследования по теории случайных марковских процессов и ее применению в разделах физики и астрономии. Особый интерес для ученых в книге представляет

вопрос о статистике гравитационного поля, происходящего от случайного распределения звезд во Вселенной.

Во время Второй мировой войны он служил консультантом военного министерства США на испытательном полигоне в Абердине (штат Мэриленд). Чикагский университет принял участие в манхэттенском проекте по созданию атомной бомбы, и Чандрасекар тоже внес свой вклад, работая вместе с Э. Ферми, Дж. Франком и другими.

В период между 1943 г. и 1950 г. он развивал теорию переноса излучения в атмосферах звезд и планет – важную для понимания звездной атмосферы, яркости и образования спектральных линий. Свои исследования подытожил в труде "Перенос лучистой энергии" (1950, пер. на русск. в 1953). Чандрасекар сформулировал ряд основных задач теории и получил решения дифференциальных уравнений переноса – в частности, с учетом поляризационных эффектов; рассчитал таблицы основных специальных функций теории переноса излучения; предложил эффективный приближенный метод решения уравнения переноса дискретных ординат, ставший основой большинства современных численных методов; получил первые надежные оценки коэффициента поглощения отрицательного иона водорода – главного источника непрозрачности в атмосферах звезд промежуточных классов.

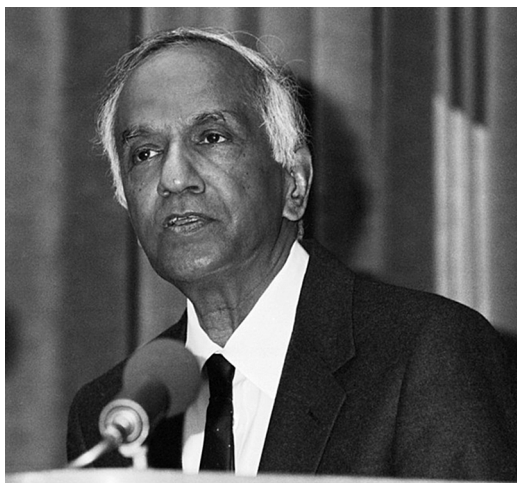
Кроме перечисленных областей наук, он занимался гидродинамикой и гидродинамической устойчивостью (1952, 1961), равновесием и устойчивостью эллипсоидальных фигур вращения (1961, 1968), а также общей теорией относительности и релятивистской астрофизикой (1962, 1971). В области гидродинамики ученый рассмотрел процессы конвекции, решил проблему устойчивости конвективных движений в жидкости в присутствии магнитного поля и без него. Применил (совместно с Н. Лебовицем) разработанный им вириальный метод решения некоторых



Президент США Л. Джонсон вручает С. Чандрасекару медаль “За научные достижения” Национального научного фонда США. Вашингтон, 1966 г.

гидродинамических задач (монография “Гидродинамическая и гидромагнетическая стабильность”, 1961 г.), что позволило получить новые результаты в теории эллипсоидальных фигур равновесия вращающейся гравитирующей жидкости и в теории их устойчивости (монография “Эллипсоидальные фигуры равновесия”, 1968 г., пер. на русск. в 1973 г.).

Чандрасекар в своих исследованиях точно ставил конкретную задачу, описывая физическую модель со всеми гипотезами и ограничениями; ему удавалось связывать математические термины и модели с их “физическим содержанием”. Эти работы не устарели и сейчас, они по-прежнему составляют основу для их развития.



С. Чандрасекар выступает с лекцией. 1970-е гг.



Основоположники теоретической астрофизики В.А. Амбарцумян и С. Чандрасекар на симпозиуме “Принцип инвариантности и его приложения”. Бюракан, Армения. Октябрь 1981 г.

Аналогичный стиль изложения результатов присущ выдающимся советским теоретикам-астрофизикам – академику В.А. Амбарцумяну и его ученику академику В.В. Соболеву. С. Чандрасекар, В.А. Амбарцумян и В.В. Соболев – основатели теоретической астрофизики. По случаю своего 80-летия (1988 г.) В.А. Амбарцумян получил личное поздравление от Чандрасекара с признанием заслуг советского ученого. Чандрасекар дважды побывал в СССР – в 1934 г. и в 1981 г. Как почетный гость Бюраканской астрофизической обсерватории (Армения) он принял участие в международном симпозиуме “Принцип инвариантности и его приложения”, который проходил с 26 по 30 октября 1981 г. По окончании форума Чандрасекар выступил с лекциями на встречах в Москве (ГАИШ МГУ) и в двух обсерваториях Ленинграда.

Только в начале 1960-х гг. идеи Чандрасекара получили более широкое распространение. Особенно веским аргументом в их поддержку явилось

открытие пульсаров Нобелевским лауреатом 1974 г. Э. Хьюишем и его сотрудниками (Земля и Вселенная, 1971, № 1).

В 1974–1983 гг. Чандрасекар разработал теорию черных дыр. В монографии “Математическая теория черных дыр” (1983 г., в 2-х частях, пер. на русск. в 1986 г.) он развил математический аппарат и рассмотрел устойчивость этого типа звезд, построил теорию поля сверхмассивных тел, включая тест возмущений их электромагнитного и гравитационного полей. В ней он рассмотрел геометрию искривленного пространства–времени, привел альтернативные подходы к описанию невращающихся черных дыр, обобщил результаты исследований вращающихся заряженных черных дыр.

В 1983 г. Чандрасекар был награжден Нобелевской премией по физике “За теоретические исследования физических процессов, играющих важную роль в строении и эволюции звезд”. Он разделил награду с Уильямом Фаулером, получившим премию за экспериментальные исследования ядерных реакций, лежащих в основе формирования химических элементов во Вселенной. В своей речи Чандрасекар процитировал несколько поэтических строк Рабиндраната Тагора, в которых говорится о необходимости свободы для творческой деятельности: *“Есть две вещи, которые обо мне мало кто знает. Я никогда не брался за эффектные в том или ином смысле темы... и всегда работал в областях, которые, пока я там работал, не привлекали особого внимания. Успех можно понимать двояко. Успех, как его видят другие? Или успех, как ты видишь его сам? А если успех – это оценка извне, как ее измерить? Очень часто внешний успех оказывается ошибкой, приходит не туда и не за то. Как о нем вообще можно говорить? Сторонний наблюдатель может решить, что я добился успеха, потому что о некоторых*

аспектах моей работы пишут другие люди. Но это всего лишь суждение извне. И я понятия не имею, как его взвесить. Я не руководствуюсь стремлением к успеху. Успех – это противоположность неудачи. Но ни одно сознательное действие в нашей жизни не сводится к одному только успеху или к неудаче. Что такое успех? Ты берешь задачу и хочешь ее решить. Решаешь, и в каком-то смысле это и есть успех. Но что, если задача была тривиальна? Поэтому я никогда не стал бы серьезно рассуждать об успехе, ни в каком смысле”.

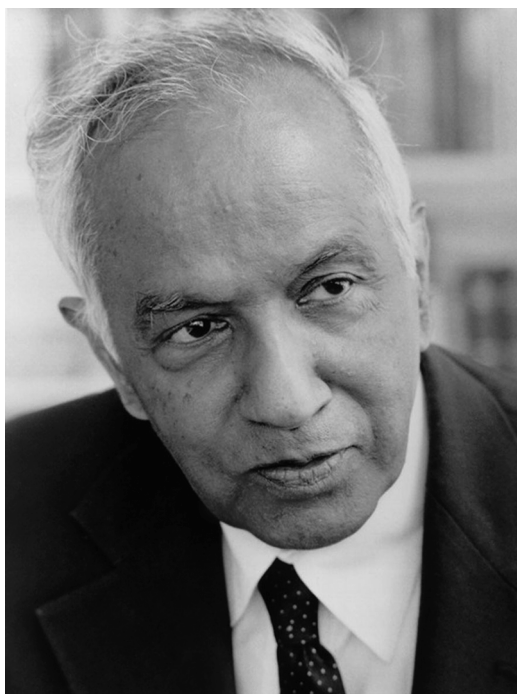
Нобелевская лекция Чандрасекара “О звездах, их эволюции и устойчивости” опубликована в русском переводе в журнале “Успехи физических наук” (1985. Т. 145. Вып. 3. С. 489). В последних словах его лекции прозвучало: «Математическая теория черных дыр – предмет чрезвычайной сложности. Но ее изучение убедило меня в справедливости древних изречений: “Простота – признак справедливости” и “Красота – привилегия истины”».

Чандрасекар, помимо Нобелевской, был удостоен и другими премиями: “Гиббсовская лекция” (1946), Генри Рассела (1949), Румфорда (1957), “Силлимановская лекция” (1962), Падма Вибушан (1968), Дэнни Хайнемана (Американского физического общества в области математической физики, 1974), Томалла (за выдающиеся достижения в общей теории относительности и гравитации, 1981), А. фон Гумбольдта (в области гравитационной физики и астрофизики, 1994), Марселя Гроссмана (1994).

Ученый-астрофизик награжден медалью Кэтрин Брюс Тихоокеанского астрономического общества (1952), золотой медалью Королевского астрономического общества (1953), медалью Румфорда Американской академии наук и искусств (1957), медалью Лондонского королевского общества (1962), национальной научной медалью США “За научные достижения” (1966),



Вручение Нобелевской премии С. Чандрасекару королем Швеции Карлом XVI Густавом. Стокгольм, 1983 г.

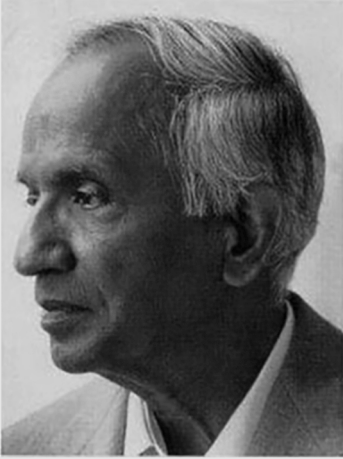


С. Чандрасекар в последние годы жизни.

S. Chandrasekhar

The Man Behind the Legend

Editor: **Kameshwar C. Wali**



Imperial College Press

Обложка биографической книги «С. Чандрасекар», написанной К. Вали (1997 г.).

медалью Национальной академии наук США – Г. Дрэпера (1971), медалями Копли (1984) и Карла Шварцшильда (1986).

Чандрасекар был не только известным научным деятелем, но и прекрасным педагогом, многосторонним человеком, обладающим глубокими познаниями не только в астрофизике, но и в литературе, в музыке. В редкие часы досуга он слушал классическую музыку или много читал.

На протяжении 20 лет (1951–1972 гг.) был главным редактором «Астрофизического журнала» («Astrophysical Journal»), желая популяризировать астрофизику. В последний год жизни издал научно-популярную книгу «Принципы Ньютона для читателя» (1995). В начале 1940-х гг., работая, в основном, в Йеркской обсерватории, он каждую неделю проезжал более 160 км для того, чтобы читать лекции двум своим

студентам и диссертантам Цзундао Ли и Чжэньнин Янг, получившим в 1957 г. Нобелевскую премию по физике. Чандрасекар был знаком, общался и переписывался с великими учеными XX в.: Н. Бором, Э. Ферми, Э. Паули, П. Дираком, А. Эддингтоном, Р. Оппенгеймером (научный руководитель Манхэттенского проекта); с А.И. Зоммерфельдом, Э. Милном, Дж. Франком и другими.

В 1991 г. Чандрасекар оставил памятную надпись на стене комнаты Группы релятивистской астрофизики в Римском университете «Ла Сапиенца».

Субрахманьян Чандрасекар – один из величайших астрономов мира – умер 21 августа 1995 г. в госпитале Чикагского университета от остановки сердца (Земля и Вселенная, 1996, № 1).

В 1985 г. в честь Чандрасекара Международной астрономической союз назвал малую планету 1970 SB – «Чандра» («Chandra»). Имя ученого получила также космическая обсерватория NASA, запущенная на околоземную орбиту в 1999 г. (Земля и Вселенная, 2000, № 4, с. 59–60; см. статью [\[М.Г. Ревнивцева\]](#) и А.А. Лутовинова в этом номере журнала).

Чикагский университет издал избранные научные труды С. Чандрасекара в 6-ти томах (1989–1996), 7-й том содержит очерки по философии науки и эстетике и личные заметки, вошедшие в последнюю монографию Чандрасекара, посвященную философии эстетики в науке: «Истина и красота: эстетика и мотивация в науке» (1987).

Изданы биографии Чандрасекара: К. Вали «Чандра» (1991), Ю. Паркер «Чандрасекар. Мемориальные биографии Национальной академии наук США» (1995). К 100-летию С. Чандрасекара была издана его научная автобиография (редактор К. Вали, 2010) с увлекательными комментариями, выдержками дискуссий, с оценками, примерами личного общения ученого; они погружают читателя в атмосферу той эпохи – эпохи высших достижений в теоретической физике и астрофизике.

С.А. ГЕРАСЮТИН