

УДК 523.46 : 537

О возможной роли электромагнетизма и сверхпроводимости в происхождении колец Сатурна

В. В. Черный
SAIBR, Москва, Россия

Показано, что кольца Сатурна в принципе могли образоваться после включения магнитного поля планеты в результате взаимодействия сверхпроводящих частиц протопланетного облака с магнитным полем. В результате сверхпроводящие частицы локализовались в плоскости магнитного экватора в виде дисковой системы колец, где магнитная энергия частиц имеет наименьшее значение. Модель основана на решении электромагнитной задачи и анализе экспериментальных данных.

Однозначного ответа на вопрос о происхождении колец Сатурна до сих пор нет. J. К. Мах-велл в работе "On the stability of the motion of Saturn's rings" (1859) [1] показал, что кольца не могут быть сплошным диском, для стабильности они должны состоять из бесконечного числа отдельных частиц, в противном случае гравитационные силы их разрушат. Наземные эксперименты и данные космических зондов Pioneer (1979), Voyager-1, -2 (1980, 1981) также подтвердили его выводы [2—7]. Одна из задач космического зонда Cassini-Huygens [8, 9] — определить природу происхождения колец.

Со времен Галилея (1610) было много попыток понять происхождение колец [1—16]. Внимание уделялось гравитационным эффектам и движению по законам небесной механики [14]. Системы колец имеют морфологические различия, но у них есть и общие черты. Существуют перенос углового момента количества движения частицами, а также гравитационные взаимодействия спутников и материала колец. Орбитальные резонансы между спутниками и частицами колец игра-

ют существенную роль в формировании системы колец и щелей. В [10, 11] полагается, что происхождение колец и пояса астероидов обязано замагниченной плазме, а в [12] использовано приближение "dusty plasma". В [3—13] исследовались электромагнитные явления в кольцах. В [15, 16] описана магнитная гидродинамика кольца из замагниченной плазмы, вращающегося в гравитационно-магнитном поле, проанализирована его устойчивость. В данной работе в отличие от [17—20] рассматриваются электромагнитные эффекты, приводящие к образованию колец из сверхпроводящих частиц протопланетного облака без необходимости учета магнитной левитации.

Однако до сих пор неясно, почему: не слипаются частицы колец; существуют сильная плоскостность кольцевого диска и резкие очертания края колец; тонкая периодическая структура колец; деформация магнитного потока около кольца F ; происходит образование "спиц" в кольце B ; сильное отражение радиоволн и низкая яркость колец; аномальное отражение микроволн с круговой поляризацией; электро-

магнитное излучение в диапазоне 20,4 кГц—40,2 МГц; спектральные аномалии теплового излучения колец; материя колец не перемешивается, сохраняет мелкомасштабное цветовое разделение; существуют атмосфера неизвестного происхождения около колец, волны плотности и изгибные волны в кольцах; кольца в солнечной системе появляются у планет только после пояса астероидов; нет колец у Земли и т. д.

Тот факт, что частицы не слипаются, физически может означать, что они обладают сверхпроводящими свойствами, тогда магнитное поле выталкивается из частиц в соответствии с эффектом Meissner—Ochsenfeld, а магнитное поле между частицами расталкивает их. Из экспериментальных данных [1—13] следует, что сложное движение частиц протопланетного облака, формирующих кольца Сатурна, зависит не только от механических сил, которые учитывались и прежде, но и от электромагнитных сил. Поскольку в окрестности колец Сатурна температура порядка 70—100 К, сделано предположение, что частицы протопланетного облака Сатурна обладают сверхпроводимостью. Существует широкий спектр замороженных соединений, для которых наблюдается высокотемпературная сверхпроводимость. Например, сверхпроводимость льда экспериментально продемонстрирована в 1986 г. [21]. Наличие колец только у планет, расположенных за поясом астероидов, может быть объяснено тем, что естественная сверхпроводимость в окрестности этих планет в принципе возможна из-за слабого радиационного нагрева Солнцем [17—20].

После включения магнитного поля Сатурна сверхпроводящие частицы протопланетного облака приводятся в дополнительное движение электромагнитными силами и дрейфуют в плоскость магнитного экватора, формируя кольцевой диск. Предлагаемая идея сверхпроводящего состояния вещества частиц в кольцах позволяет дополнить классические теории планетных колец непротиворечивой сверхпроводящей моделью с помощью привлечения физических эффектов из электромагнетизма, свойственных сверхпроводникам при взаимодействии с магнитным полем [22, 23]. Гравитационные взаимодействия, плазменные и гидродинамические эффекты, законы движения небесной механики не подвергаются декомпозиции. К ним лишь добавляются электромагнитные взаимодействия, свойственные поведению сверхпроводников в магнитном поле.

Краткое описание модели и анализ экспериментальных данных

До появления у Сатурна магнитного поля центробежная сила и сила гравитации, действующие на частицу в протопланетном облаке, уравновешиваются, и частицы движутся по законам Кеплера. С включением магнитного поля сверхпроводящие частицы протопланетного облака начинают проявлять идеальный диамагнетизм и, взаимодействуя с магнитным полем планеты, вовлекаются в дополнительное движение. Оценим его резуль-

тат. Если начало координат поместить в центр планеты, ось z (перпендикулярную экватору) направить вдоль магнитного момента, равного $\vec{\mu}$, а сверхпроводящая частица радиуса R в протопланетном облаке находится на расстоянии \vec{r} , то выражение для энергии частицы в магнитном поле планеты примет вид [20]:

$$U_H = \frac{R^3 \mu^2}{r^6} (3 \cos^2 \theta + 1),$$

где θ — угол между вектором \vec{r} и осью z .

Видно, что энергия сверхпроводящей частицы имеет минимум, когда радиус-вектор \vec{r} положения частицы располагается в плоскости магнитного экватора перпендикулярно оси z ($\cos \theta = 0$). Отсюда следует, что через некоторое время после включения магнитного поля планеты сверхпроводящим частицам протопланетного облака энергетически "выгодно" собраться в плоскости магнитного экватора.

Сильная плоскостность кольцевых систем и их резкие границы можно объяснить выталкиванием сверхпроводящего вещества частиц из областей с более высокой плотностью магнитного потока [17—20]. Часть протопланетного облака, содержащая сверхпроводящие частицы, будет коллапсировать в протокольцевой диск. В результате частицы будут вытесняться в плоскость магнитного экватора с силой, пропорциональной магнитному моменту частицы и градиенту магнитного поля вдоль оси: $F = -m \, dH/dz$, где m — магнитный момент частицы, dH/dz — градиент напряженности магнитного поля вдоль оси магнитного диполя z . Резкие кромки колец будут формироваться с силой, действующей на частицы со стороны щели между кольцами: $F = -m \, dH/dy$, где dH/dy — градиент напряженности магнитного поля вдоль радиуса кольца. А случайные разрывы в кольцах будут стабилизироваться со стороны разрыва с силой $F = -m \, dH/dx$, где dH/dx — градиент напряженности магнитного поля в тангенциальном направлении. Градиенты магнитного поля по осям препятствуют проникновению частиц в щели и удерживают частицы в кольцах. На рис. 1 приведены данные измерений магнитного поля вблизи кольца F Сатурна, полученные американской станцией Pioneer [5, 6, 12, 13]. Видно, что поле магнитосферного диполя около кольца F Сатурна искажено таким же образом, как на картинке-вставке (см. рис. 1) для сверхпроводящего диска в лабораторном эксперименте.

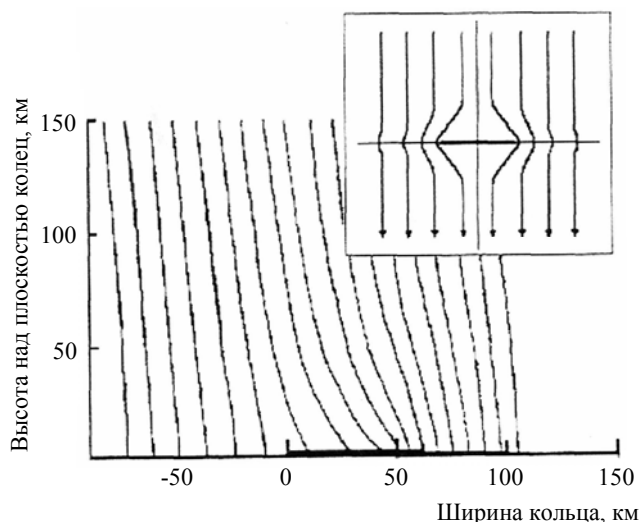


Рис. 1. Структура магнитного поля вблизи Сатурнианского кольца F.

Поток частиц кольца F локализован между 0 и 60 км и направлен к странице. Поле диполя направлено вниз параллельно отрицательному направлению оси ординат. На вставке приведена картина искажения магнитных силовых линий сверхпроводящим диском

Формирование тонкой структуры диска, похожей на кольца, происходит подобно тому, как металлические частицы образуют в неоднородном поле магнита области сгущений и разрежений. Планетное магнитное поле в плоскости протокольцевого диска неоднородно, так как

каждая сверхпроводящая частица вытесняет магнитное поле из своего объема. Силовые линии магнитного поля стремятся замкнуться через области с наибольшим магнитным потоком. Уплотнения магнитного потока расчищают щели в протокольцевом диске, расталкивая сверхпроводящие частицы и формируя отдельные структуры, которые выглядят как кольца. Плотность магнитного потока в кольце будет ниже, чем в окружающем его пространстве щелей. Разность плотностей магнитного потока вызывает направленное внутрь кольца магнитное давление. При этом орбитальные резонансы между спутниками, лунами и частицами колец играют существенную роль в формировании специфических особенностей системы колец и щелей [5—9, 13, 14].

Диамagnetизм сверхпроводников обусловлен не внутриатомными, а микроскопическими поверхностными токами. Для сверхпроводящих частиц существует лондоновская глубина λ_L проникновения магнитного поля в сверхпроводник. Обычно ее величина порядка 10^{-5} — 10^{-6} см. К образованию планетоцентрического потока пыли субмикронных частиц приводит исчезновение диамagnetных свойств у сверхпроводящих частиц колец, когда размеры частиц становятся равными или меньшими лондоновской глубины проникновения магнитного поля. Этому способствуют столкновения частиц и флуктуации магнитного поля.

Для объяснения переменной азимутальной яркости колец Сатурна был выдвинут ряд гипотез, основанных на предположении синхронного вращения частиц. Либо это связывают с несимметричной формой частиц в виде

вытянутых эллипсоидов, ориентированных под небольшим углом к своей орбите, либо с несимметричным альбедо их поверхности [5, 6]. В сверхпроводнике в магнитном поле возникает дополнительный магнитный момент, направленный противоположно полю. Тело намагничивается не по полю, а против него. Известно, что при температурах ниже -22 °C растущие снежинки приобретают форму призм [24]. Стерженьки диамagnetного

вещества устанавливаются перпендикулярно силовым линиям магнитного поля. Призма сверхпроводящей частицы кольца ориентируется в сторону планеты перпендикулярно силовым линиям полюидальной и ториодальной составляющих магнитного поля планеты. Отсюда следует, что переменная азимутальная яркость кольца "А" Сатурна может быть объяснена [17—20] ориентацией удлинённых диамagnetиков сверхпроводящих частиц колец в магнитном поле планеты.

Существование спиц в кольце B Сатурна может быть связано с изменением фазового состояния вещества сверхпроводящих частиц колец либо с выталкиванием сверхпроводящих частиц из плоскости колец или их переориентацией аномалией магнитного поля. Характерные размеры спиц — примерно 10^4 км вдоль радиуса и около 10^3 км — вдоль орбиты кольца. Состоят

спицы из микронных и субмикронных частиц [5, 6]. Существование радиальных структур-спиц в кольце бросает вызов традиционным представлениям. Согласно законам Кеплера удаленные от планеты области широкого кольца B вращаются медленнее, чем ближние. Поэтому любое радиальное образование должно искривляться и размываться за десятки минут. Время жизни отдельной спицы составляет 10^3 — 10^4 с, и кеплеровское размывание в них все же обнаруживается. Обнаружение спиц привело к предположению об их связи с электромагнитными взаимодействиями, поскольку спицы вращаются почти синхронно с магнитосферой Сатурна.

Анализ спектральной мощности излучения спиц дает характерную периодичность $640,6 \pm 3,5$ мин, согласующуюся с периодом вращения магнитного поля Сатурна 639,4 мин. Существует сильная корреляция максимумов и минимумов активности спиц с особыми магнитными долготами, связанными с наличием или отсутствием Сатурнианского километрового излучения (СКИ). Это подтверждает предположение о связи спиц с магнитным полем Сатурна и свидетельствует о наличии крупномасштабных аномалий в магнитном поле. Скорее всего, имеет место чисто полевой эффект, сущность которого состоит в следующем. Сверхпроводящие частицы колец вращаются по законам Кеплера, а магнитное поле планеты, имеющее аномалии, вращается вместе с планетой. При попадании в определенные положения магнитного поля планеты, имеющего аномалии, оптические свойства сверхпроводящих частиц изменяются, что и фиксируется наблюдателем.

В 1973 г. было обнаружено сильное радиолокационное отражение от колец Сатурна [3]. Оказалось, что кольца Сатурна фактически имеют наибольшее радио-

локационное сечение рассеяния среди всех тел Солнечной системы. Первоначально высокое отражение и малая яркость частиц кольца на радиоволнах связывались с наличием металлических частиц в кольцах. Но интерпретация данных Voyager исключила эту возможность [5, 6, 12, 13]. Это явление может быть объяснено [17—20] существованием для сверхпроводящих частиц критической частоты порядка 100 ГГц, ниже которой излучение отражается, а выше которой — поглощается. На рис. 2 приведена зависимость яркостной температуры частиц колец от длины волны. Видно, что наблюдается переход от излучения почти черного тела к практически полному отражению. Там же приведена частотная зависимость поверхностного сопротивления сверхпроводника из лабораторного эксперимента. Оба графика имеют скачок зависимостей в соответствии с вышеприведенными рассуждениями.

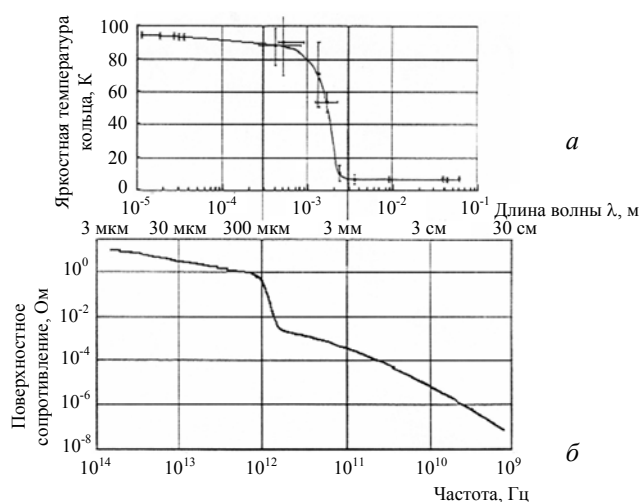


Рис. 2. Сравнение экспериментальных данных колец и лабораторного эксперимента:

a — зависимость яркостной температуры колец от длины волны [5, 6, 12, 13]; *б* — частотная зависимость поверхностного сопротивления сверхпроводника (ниобий) при 4,2 К [23]

Во время встреч Voyager-1, -2 с Сатурном планетарный радиоастрономический эксперимент зафиксировал широкополосное дискретное неполяризованное радиоизлучение в диапазоне 20,4 кГц—40,2 МГц [4, 12, 13], названное Сатурнианскими электростатическими разрядами (СЭР). Их период 10 ч 10 мин ± 5 мин и 10 ч 11 мин ± 5 мин. Это явление можно объяснить возможной генерацией электромагнитного излучения из точечного контакта сверхпроводящих частиц в кольцах — нестационарный эффект Джозефсона [22, 23], — возникающего в результате взаимодействия заряженных частиц с частицами либо в результате разрушения и трения частиц при соударениях. При возникновении разности фаз между сверхпроводящими частицами слабая связь генерирует электромагнитное излучение. Соотношение между частотой ν и падением напряжения на переходе V имеет вид: $\nu = 2eV/h$, где e — заряд электрона; h — постоянная Планка. Отношение $2e/h = 4,83594 \cdot 10^{14}$ Гц/В. Согласно измеренной периодичности область источника

локализована на расстоянии 107 990—109 200 км от планеты.

Наблюдения указывают на электродинамическое сцепление между планетарной кольцевой системой и магнитосферой планеты, где СКИ, СЭР и активность спиц подчинены долготному регулированию.

Эксперименты по измерению теплового излучения колец Сатурна в диапазоне от 10 мкм до 1 см обнаружили аномалии [5, 6]. На коротких волнах измеренные температуры оказались ниже, не соответствующими истинной температуре колец. На более длинных волнах кольца выглядят значительно холоднее, чем их физическая температура, причем на длинах волн больше 1 см кольца ведут себя практически как диффузный экран, отражающий планетное и холодное космическое излучение (см. рис. 2). Подобные частотные аномалии можно объяснить существованием в энергетическом спектре электронов щели порядка 10^{-4} эВ, характерной для сверхпроводников. В сверхпроводящем состоянии электроны не взаимодействуют с кристаллической решеткой, и тепло не переносится.

В цветовую дифференциацию колец Сатурна в малых масштабах может делать вклад и зависимость электромагнитной силы, действующей на примесный сверхпроводник в магнитном поле, от объема сверхпроводящей фазы. Рассмотрим три частицы (*a*, *b*, *c*) с равными массами на близких орбитах. Пусть частица *a* — целиком сверхпроводящая, *b* — имеет примесь клатрат-гидратов аммиака или метана (NH_3 , CH_4 , H_2O), *c* — имеет примесь серо- или железосодержащих силикатов (H_2S). Каждая примесь делает свой вклад в уменьшение объема сверхпроводящей фазы и определяет цвет частицы. Сила взаимодействия с магнитным полем зависит от объема сверхпроводящей фазы, поэтому для каждой из рассматриваемых частиц баланс сил будет выполняться на орбитах с разными радиусами.

Исследования отражения от колец радиоволн на $\lambda = 3$ и 12,6 см [3, 5, 6, 12] показали, что геометрическое альbedo приблизительно равняется 0,34 и не сильно зависит от длины волны или угла наклона колец. Кольца являются сильным деполаризатором. Для большинства планет Солнечной системы коэффициент отражения δ ненаблюдаемой поляризации (ортогональной к наблюдаемой) достаточно мал. А для колец эта величина колеблется в зависимости от длины волны и угла наклона от 0,4 до 1,0. Отражение микроволн с круговой поляризацией показало, что если падающая электромагнитная волна имела определенное направление круговой поляризации, то в отраженной волне это направление круговой поляризации сохраняется. Объяснить такую ситуацию аномального отражения можно тем, что частицы колец обладают сверхпроводящими свойствами и ведут себя как идеальное магнитное зеркало.

Экспериментально обнаруженное существование около колец атмосферы "неизвестного" происхождения можно объяснить левитацией газовых молекул за счет сил диамагнитного выталкивания, наведенных в сверхпроводящих частицах молекулярными магнитными моментами. Атмосфера у колец Сатурна может существовать в результате тонкого баланса сил гравитационного притяжения и диамагнитного выталкивания газо-

вых молекул. Подобную ситуацию можно наблюдать в лабораторных условиях, когда атмосферный водяной пар осаждается на вещество в виде инея в момент перехода вещества из сверхпроводящего состояния в нормальное.

Существование волн плотности и изгибных волн в кольцах [5, 6, 8, 9, 12, 13] можно объяснить как возбуждение параметрических колебаний пондеромоторными силами, возникающими при касательном направлении внешнего магнитного поля к свободной поверхности коллектива сверхпроводящих частиц кольца и поперечно к линиям постоянной фазы. В случае возникновения периодической деформации свободной поверхности коллектива сверхпроводящих частиц, линии постоянной фазы которой поперечны полю, напряженность поля под впадиной уменьшится, а под возвышением — увеличится. Изменение жесткости свободной поверхности во внешнем магнитном поле дает возможность возбуждения ее параметрических колебаний.

Заключение

Представленная сверхпроводящая модель частиц колец является прямым продолжением работы Ж. К. Максвелла (1859) [1], где он показал, что кольца состоят из частиц. Но тогда еще не были открыты эффект Meissner—Ochsenfeld (1933), высокотемпературная сверхпроводимость многих веществ (1986) и сверхпроводимость льда (1986). Эти открытия расширили физические представления о природе вещества. Описанная сверхпроводящая модель происхождения колец Сатурна не противоречит представлениям существующих теорий, а лишь дополняет их, не подвергая декомпозиции, и согласуется с экспериментальными данными, полученными наземными экспериментами и космическими экспедициями Pioneer, Voyager-1, -2 и Cassini-Huygens.

Из представленной модели следует, что существует возможность "магнитного сцепления" между протосолнцем и сверхпроводящим веществом в его окрестностях, что в процессе эволюции Солнечной системы приводит к переносу момента количества движения от Солнца к планетам, в том числе и электромагнитным путем за счет сверхпроводимости космического вещества. И в этом смысле мысли, высказанные Н. Алфен в [10, 11], о том, что история происхождения Солнечной системы может быть как бы закодирована в кольцах Сатурна, приобретают уже физическую реальность. Система Сатурна может напоминать Солнечную систему на раннем этапе ее развития.

Предложенная сверхпроводящая модель может быть полезна при анализе данных миссии Cassini-Huygens, исследовании колец планет Солнечной системы, галактических дисков, дисков около звезд и черных дыр, а также при исследовании распространения органических молекул в кольцах и межзвездной среде [25].

Настоящая работа докладывалась в НАСА, Астрономическом институте в Гонолулу на Гавайях, Калифорнийском университете (Беркли, Дэвис, Сан-Диего), Астрономическом институте университета Буэнос-

Айреса в Ла Плата, Национальном бюро стандартов США в Вашингтоне, Массачусетском технологическом институте (см., например, www.google.com/Vladimir.V.Tchernyi) и на конференциях [17—20].

Автор благодарен за полезные обсуждения академиком РАН А. М. Прохорова, В. В. Мигулина, В. Н. Страхова, Ю. В. Гуляева, В. И. Пустовойта, а также А. А. Рухадзе, В. Г. Курта, Б. И. Рабиновича, А. Ю. Поспелова, В. В. Миляева, Е. В. Ченского, В. Н. Луговенко, Э. Н. Муравьева, J. R. Whinnery, T. K. Gustafson, J. A. Kong, E. A. Marouf, R. B. Hoover, P. Goldreich, J. F. Spann, K. Mazuruk, R. Sheldon, R. P. Kudritzki, G. Shoemaker, A. Albrecht, B. Backer, W. Ko, W. Pickett, R. T. Shelton, R. R. Freeman, J. N. Guzzi, Y. Rahmat-Samii, M. M. Pardavi-Horvath, S. V. Vasylyev.

Литература

1. Maxwell J. C., Brush S. G., Everitt C. W. F., Garber E. (eds). Maxwell on Saturn's rings. — Cambridge, MA: MIT Press, 1983.
2. Сафронов В. С. Эволюция допланетного облака и формирование Земли и планет. — М.: Наука, 1969.
3. Goldstein R. M., Morris G. A. Radar observations of the rings of Saturn/Icarus. 1973. V. 20. P. 249—283.
4. Kaiser M. L., Desch V. D., Lecacheux A. Saturnian kilometric radiation: statistical properties and beam geometry// Nature. 1981. V. 292. P. 731—733.
5. Brahic A. (ed.). Planetary rings. Toulouse: Copadeus, 1984.
6. Greenberg R., Brahic A. (eds.). Planetary rings. Tucson: University of Arizona Press, 1984.
7. Блюх А. Н., Ярошенко В. В. "Спицы" в кольцах Сатурна//Природа. 1991. № 4. С. 19—25.
8. Spilker L. J. (ed.). The Cassini-Huygens mission to Saturn and Titan. Washington, D. C.: JPL, Caltech, NASA SP-533, October 1997.
9. Rowan L., Sanchez-Lavega A., Gombosi T. I., Hansen K. S., Porco C. C. et al., Flasar F. M., Esposito L. W. et al., Gurnett D. A. et al., Waite Jr. J. H. et al., Young D. T. et al., Dougherty M. K. et al., Krimigis S. M. et al., Kempf S. et al. Cassini at Saturn//Science. 25 February 2005. V. 307. № 5713. P. 1222—1276.
10. Alfvén H. Cosmic plasmas. Dordrecht, 1981. — М.: Мир, 1983.
11. Alfvén H. Solar system history as recorded in the Saturnian rings structure//Astrophysics Space Science. 1983. V. 97. P. 79—94.
12. Mendis D. A., Hill J. R., Ip W. H., Goertz C. K., Grun E. Electrodynamics processes in the ring system of Saturn. Saturn/Saturn. T. Gehrels, M. Mathews (eds.). — Tucson: University of Arizona Press, 1984. P. 546—589.
13. Esposito L. W., Cuzzi J. N., Holberg J. B., Marouf E. A., Tyler G. L., Porco C. C. Saturn's rings, structure, dynamics and particle properties/Saturn. T. Gehrels, M. S. Matthews (eds.). — Tucson: University of Arizona Press, 1984. P. 463—545.
14. Горькавый М. Н., Фридман А. М. Физика планетных колец. — М.: Наука, 1994.
15. Рабинович Б. И. Магнитогидродинамика вращающихся вихревых колец из замагниченной плазмы//ДАН. 1996. Т. 351. № 3. С. 335—338.
16. Рабинович Б. И. Плазменное кольцо, вращающееся в гравитационно-магнитном поле. Вопросы устойчивости// Там же. 1999. Т. 367. № 3. С. 345—348.

17. *Tchernyi V. V., Pospelov A. Yu.* A) Possible electromagnetic nature of the Saturn's rings: superconductivity and magnetic levitation//Progress in electromagnetic research (PIER). Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology. EMW publishing. 2005. V. 52. P. 277—299. B) Пospelov A. Ю., Черный В. В. Электромагнитные свойства материала планетных колец // Тр. междунар. конф. "Новые методы в образовании, технике и технологиях". — Волгоград: Волгоградский государственный политехнический университет, 1995. С. 75—77.

18. *Pospelov A. Yu., Tchernyi V. V., Girich S.V.* A) Planet's rings: super-diamagnetic model and new course of investigations//Proceedings of SPIE 42nd Annual Meeting. San Diego, CA. 27 July—1 August 1997. "Small spacecraft, Space Environments and Instrumentation Technologies". 1997. V. 3116. № 15. P. 117—128. B) Anomalous inversion of polarization of icy satellites and Saturn's rings: superdiamagnetic model//Proceedings 44th SPIE Annual Meeting. Denver, CO. 18—23 July 1999. "Polarization: measurements, analysis and remote sensing II". 1999. V. 3754. P. 329—333. C) Radar data explanation via superdiamagnetic model of the Saturn's rings//Annual Report of the AAS. 30th Meeting Division of Planetary Science. Madison, WI. 11—16 Oct. 1998. Bulletin of the American Astronomical Society. 1998. V. 30. № 3. P. 1043.

19. *Tchernyi V. V., Pospelov A. Yu.* Possible electromagnetic nature of the Saturn's rings: superconductivity and magnetic levitation//Progress in electromagnetic research (PIER). Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology. EMW publishing. 2005. V. 52. P. 277—299.

20. *Tchernyi V. V., Chensky E. V.* A) Electromagnetic background for possible magnetic levitation of the superconducting rings of Saturn//Journal of Electromagnetic Waves and Applications. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology. EMW publishing. 2005. V. 19. № 15. P. 1997—2006. B) Movements of the protoplanetary superconducting particles in the magnetic field of Saturn lead to the origin of rings // IEEE Geoscience and remote sensing letters. 2005. V. 2. № 3. P. 445—446.

21. *Бабушкина Г. В., Кобелев Л. Я., Яковлев Е. Н., Бабушкин А. Н.* Сверхпроводимость льда при высоких давлениях//Физика твердого тела. 1986. Т. 28. № 12. С. 3732—3734.

22. *Гинзбург В. Л., Андрюшин Е. А.* Сверхпроводимость. — М.: Педагогика-пресс, 1990.

23. *Шмидт В. В.* Введение в физику сверхпроводников. — М.: МЦНМО, 2000.

24. *Маено Н.* Наука о льде. — М.: Мир, 1998.

25. *Tchernyi V. V., Kapranov S. V.* Possible role of superconductivity for simplest life propagation within interstellar space by electromagnetic force of magnetic levitation. Journal of Electromagnetic Waves and Applications. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology. EMW publishing. 2005. V. 19. № 15. P. 1997—2006.

Статья поступила в редакцию 17 марта 2006 г.

About possible role of electromagnetism and superconductivity in the origin of the rings of Saturn

V. V. Tchernyi (Cherny)
SAIBR, Moscow, Russia

It is shown from electromagnetic consideration that the rings of Saturn possibly may have superconducting origin. The rings appear as a result of interaction of the superconducting particles of the protoplanetary cloud with the nonuniform magnetic field of Saturn. As a result, superconducting particles are localizing as a disk of rings in the magnetic equator plane, where the magnetic energy of particles has a minimum value. The experimental data are discussed and confirmed suggested model.