

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию **Коваль Веры Васильевны**

«Кинематика и химический состав звёзд поля тонкого диска

Галактики», представленную на соискание учёной степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.03.02 - астрофизика и звёздная астрономия.

Проблемы формирования и эволюции нашей Галактики являются одними из самых актуальных в современной астрофизике. Как следует из названия, целью диссертационной работы В.В. Коваль являлось выявление существующих закономерностей среди звёзд поля для уточнения наших представлений о химической и динамической эволюции тонкого галактического диска. Одним из наиболее эффективных инструментов извлечения такой информации является комплексный статистический анализ химических, физических и пространственно-кинематических свойств ее звёздных населений. Поскольку изменения исследуемых параметров зачастую не превышают ошибок их измерения у отдельных звёзд, очень важным в таких исследованиях наряду с качеством используемых наблюдательных данных является их количество, достаточное для получения статистически значимых результатов.

В ближайших окрестностях Солнца более 90% звёзд поля принадлежат именно тонкому диску, поэтому, казалось бы, проблем с объёмами выборок звёзд с тщательно определёнными параметрами быть не должно. Однако тут на первый план выходят такие искажающие реальные закономерности факторы, как наблюдательная селекция и корректность отбора звёзд, принадлежащих исследуемой подсистеме Галактики. Поэтому значительное внимание в диссертации уделено не только анализу различных селекционных эффектов, но и исключению наиболее значимых из них. В частности, чтобы избавиться от селекционных эффектов, связанных с различием глубины

обзора для звёзд поля разной металличности и температуры, диссертант ограничила используемую выборку F-G-карликов расстоянием, в пределах которого она в исследуемом спектральном диапазоне является практически генеральной совокупностью. Специальное внимание уделено в диссертации и влиянию радиальной миграции звёзд на исследуемые зависимости. Поскольку единого, необходимого и достаточного критерия, позволяющего абсолютно уверенно провести индивидуальную идентификацию каждой звезды по принадлежности ее к подсистеме тонкого диска, не существует, В.В. Коваль, модифицировав уже известные методы, разработала компьютерную программу, вычисляющую вероятности принадлежности звёзд к тонкому диску и неявно учитывающую кроме скоростей, ещё и химический состав звёзд. С помощью этой программы ею на основе данных обновленной версии Женевско-Копенгагенского каталога была создана репрезентативная относительно исследуемой подсистемы выборка звёзд. Такая тщательная предварительная работа позволила автору диссертации получить результаты, заставляющие пересмотреть некоторые моменты существующих представлений об эволюции галактического диска.

В диссертационной работе по созданной выборке исследованы зависимости параметров эллипсоидов скоростей F-G-звёзд тонкого диска Галактики от возраста и металличности. Для этого В.В. Коваль были разработаны три программы вычисления параметров эллипсоидов скоростей и их ошибок по лучевым, тангенциальным и полным скоростям звёзд. Согласованность выявленных по каждой из программ закономерностей явилось залогом их достоверности. В частности показано, что с увеличением возраста эллипсоид скоростей звёзд тонкого диска, рожденных на одинаковых галактоцентрических расстояниях, увеличивается в размерах только в плоскости диска, тогда как в перпендикулярном ему направлении остается практически неизменным. В большинстве опубликованных работ, посвящённых исследованию зависимостей дисперсий компонент скоростей

близких звёзд от возраста, дисперсия в перпендикулярном к плоскости галактического диска направлении увеличивается сильнее, чем в двух других направлениях. Такое крутое возрастание пытаются объяснить действием гигантских молекулярных облаков и даже скоплений темной материи от распавшихся галактик-спутников под действием приливных сил нашей Галактики. Получившийся же после учёта радиальной миграции звёзд результат позволяет объяснить увеличение дисперсий всех компонентов скоростей с возрастом единым механизмом - «разогреванием» звёздного тонкого диска лишь спиральными волнами плотности. Одновременно В.В. Коваль объяснила природу наблюдаемой по близким звёздам парадоксальной отрицательной корреляции между их металличностью и угловым моментом. Оказывается, эта зависимость возникает из-за того, что в окрестностях Солнца в настоящее время находится много звёзд, родившихся на других галактоцентрических расстояниях, где в межзвёздной среде иное среднее содержание тяжёлых элементов из-за существования в дисковой подсистеме значительного отрицательного радиального градиента металличности. В работе продемонстрировано, что у звёзд, рожденных на одинаковых галактоцентрических расстояниях, угловой момент не зависит ни от возраста, ни от металличности.

На основе данных той же выборки в диссертации исследована диаграмма «возраст – металличность» для звёзд тонкого диска, при этом подробно обсуждено влияние селекционных эффектов, систематические эффекты случайных ошибок в определении возрастов и эффекты радиальной миграции звезд. В подтверждение многочисленных последних публикаций о полном отсутствии зависимости металличности от возраста в тонком диске показано, что межзвёздное вещество в нем действительно было плохо перемешано и имело примерно одинаковую среднюю металличность, но только на протяжении нескольких миллиардов лет после начала его формирования. Однако примерно 4-5 млрд. лет назад средняя металличность межзвёздного

вещества в Галактике стала довольно быстро увеличиваться, приближаясь к солнечной. Такое поведение можно объяснить тем, что низкая на начальных этапах формирования тонкого галактического диска скорость звездообразования внезапно увеличилась около 4-5 млрд. лет назад, возможно из-за падения на диск межзвездного вещества из внешних частей Галактики. Примечательно, что исследования других авторов свидетельствуют, что примерно в эту же эпоху наблюдаются вспышки звездообразования почти у всех наиболее массивных сфероидальных и эллиптических карликовых галактиках Местной группы. Можно предположить, что около 4 млрд. лет назад наша Галактика из изолированной стала одной из центральных галактик Местной группы.

Поскольку химические элементы различных процессов ядерного синтеза производятся в звёздах разных масс и потом попадают в межзвёздную среду, анализ их содержаний в атмосферах последующих поколений звёзд даёт возможность проследить характер обогащения тяжёлыми элементами межзвёздной среды на разных этапах эволюции звёздно-газовой подсистемы. Воспользовавшись опубликованными спектроскопическими звёздными данными, В.В. Коваль провела сравнительный анализ относительных содержаний произведённых в разных процессах ядерного синтеза химических элементов в цефеидах и других звёздах поля и обнаружила между ними значимые различия. Результат неожиданный и его не удалось объяснить возможными систематическими ошибками в определениях относительных содержаний этих элементов. Обнаруженные различия, скорее всего, свидетельствуют о том, что накануне рождения звёзд, наблюдаемых сейчас в стадии цефеид, прекратились вспышки сверхновых второго типа больших масс. Вполне возможно, что это произошло после достижения в межзвёздной среде средней металличности примерно равной солнечной. В пользу такого предположения говорят и недавно опубликованные результаты исследований около полутора тысяч вспышек сверхновых в других галактиках, в которых

показано, что у всех исследованных предшественников сверхновых второго типа максимальные массы не превышают двадцати солнечных масс.

Проведенные Верой Васильевной Коваль исследования охватывают широкий ряд физических и математических задач, успешное решение которых свидетельствует о её высокой научной квалификации и о способности к самостоятельным научным исследованиям. Все вышеизложенное позволяет охарактеризовать В.В. Коваль как вполне сложившегося ученого, а ее диссертационную работу как законченное исследование весьма актуальной проблемы, имеющей важное научное значение. Результаты, полученные в диссертации, уже используются при исследовании химической и динамической эволюции Галактики и в курсах лекций для студентов и аспирантов в Южном федеральном университете, а опубликованные работы цитируются в научных журналах.

Выводы и положения диссертации, выносимые на защиту, научно обоснованы, достоверны и являются новыми результатами. Все результаты диссертации полностью освещены в публикациях автора в журналах, рекомендованных ВАК, и неоднократно докладывались на региональных, всероссийских и международных конференциях. Диссертация «Кинематика и химический состав звёзд поля тонкого диска Галактики» удовлетворяет всем требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а Коваль Вера Васильевна заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - астрофизика и звёздная астрономия.

Научный руководитель,
доктор физико-математических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник НИИ физики и
профессор кафедры физики космоса физического
факультета Южного федерального университета

12 февраля 2014 г.

