



**Faxrodjon BOTIROV,**

O'zbekiston Milliy universiteti dotsenti v.b., PhD

E-mail: botirov\_0807@mail.ru

ChDPU professori, f.-m.f.d. I.Tadjibaev taqrizi asosida

## WHY ARE CLASSICAL BULGES MORE COMMON IN LENTISOCIAL GALAXIES THAN IN SPIRAL GALAXIES?

Annotation

In this paper, we try to understand why the classical bulge fraction observed in SO and Sc galaxies is significantly higher than in Sa galaxies. We conduct a comparative study of the bulge and global properties of a sample of spiral and lenticular galaxies in a fixed environment. Our sample consists of 1101 (Sa,Sb,Sc, SBa,SBb,SBc) spiral galaxies. We classified the bulges into five categories based on their positions in the Kormendy diagram and others. In addition, this paper discusses the reasons why classical bulges are more common in lenticular galaxies than in spiral galaxies. The main processes of formation of these structures, their evolutionary features and influences exerted by different types of interactions and mergers of galaxies are analyzed. Based on observational data and theoretical models, differences in the mechanisms of formation and evolution of bulges in lenticular and spiral systems are studied.

**Keywords:** Bulges, Galaxy, lenticular galaxies, spiral galaxies, galaxy mergers, galaxy structure.

## ПОЧЕМУ КЛАССИЧЕСКИЕ БАЛДЖИ ЧАЩЕ ВСТРЕЧАЮТСЯ В ЛИНЗОВИДНЫХ ГАЛАКТИКАХ, ЧЕМ В СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИКАХ?

Аннотация

В этой статье мы пытаемся понять, почему классическая доля балджа, наблюдаемая в галактиках SO и Sc, значительно выше, чем в галактиках Sa. Мы проводим сравнительное исследование балджа и глобальных свойств выборки спиральных и линзовидных галактик в фиксированной среде. Наша выборка состоит из 1101 (Sa,Sb,Sc, SBa,SBb,SBc) спиральных галактик. Мы классифицировали балджи на пять категорий на основе их положения на диаграмме Корменди и других. Кроме того, в данной статье рассматриваются причины, по которым классические балджи чаще встречаются в линзовидных галактиках, чем в спиральных. Анализируются основные процессы формирования этих структур, их эволюционные особенности и влияния, оказываемые различными типами взаимодействий и слияний галактик. На основе наблюдательных данных и теоретических моделей исследуются различия в механизмах формирования и эволюции балдже в линзовидных и спиральных системах.

**Ключевые слова:** Балджи, Галактика, линзовидные галактики, спиральные галактики, слияния галактик, структура галактик.

**I. Введение.** Балджи являются одними из самых характерных структур в центрах многих галактик. Это выпуклости, состоящие преимущественно из старых звезд, которые могут занимать значительную часть центральной области галактики. Балджи играют важную роль в понимании динамики и эволюции галактик, поскольку они являются результатом сложных процессов формирования и взаимодействий в галактических центрах. Однако наблюдательные данные показывают, что классические балджи (сфериодальные, компактные структуры) встречаются значительно чаще в линзовидных галактиках, чем в спиральных. В этой статье мы рассмотрим причины этого явления с точки зрения эволюции галактик и процессов, влияющих на формирование этих структур.

Известно, что галактики SO - это класс галактик с отсутствующими (или очень слабыми) спиральными рукавами в диске. Традиционно эти галактики рассматриваются как промежуточный класс между двумя другими основными морфологическими классами, а именно эллиптическими и спиральными, на диаграмме камертонов Хаббла. Формирование и эволюция галактик SO - это область активных исследований, и были предприняты основные усилия для понимания их природы. Галактики SO считаются трансформированными спиральными галактиками [1].

Благодаря развитию космических и наземных методов наблюдений, мы имеем достаточно полное представление о структуре основных типов галактик камертонов Хаббла. Например, одним из структурных образований S и SO галактик, наиболее сильно распространенного типа галактик во Вселенной, является балдж вокруг их центральной области в виде выпуклой подсистемы. Ранее в течение многих лет [2-6] считали, что балджи в S и SO галактиках имеют куполообразную форму. В частности, наша Галактика также имеет почти куполообразный балдж в ее центральной части (см., например [6-10]).

Интересно, что некоторые авторы полагают, что балджи можно выделить также в эллиптических галактиках. Поскольку сами эллиптические галактики являются выпуклыми, на наш взгляд, сегодня отсутствует четкое определение относительно балдже в этих галактиках. Вот почему ниже мы изучаем пока наблюдательные свойства только в S и SO галактиках.

Классические балджи чаще встречаются в галактиках типа SO, чем в галактиках типа S, из-за различий в их эволюции и структурных характеристиках. Галактики типа SO, или линзовидные галактики, как правило, являются

промежуточными объектами между эллиптическими и спиральными галактиками. Они обычно старше и менее активно формируют звезды по сравнению с галактиками типа S, или спиральными галактиками, которые часто имеют молодые звездные диски и более выраженные спиральные рукава. Это приводит к тому, что в галактиках типа SO накапливается больше старых звезд, формирующих классический балдж.

С этой целью прежде всего мы создали различные выборки балджей в спиральных галактиках и, объединили их в единый составной каталог, который постоянно пополняется нами почти ежемесячно. Ниже мы приводим результаты анализа данного составного каталога.

## II. Формирование балджей в линзовидных и спиральных галактиках

Основные различия в частоте появления классических балджей в линзовидных и спиральных галактиках связаны с механизмами их формирования и эволюции.

### 2.1. Влияние слияний и взаимодействий

Линзовидные галактики часто образуются в результате слияний более мелких галактик. Эти события могут существенно изменить динамику центра галактики, приводя к образованию ярких и компактных балджей. В ходе слияний звезды и газ перемещаются, что способствует концентрации материи в центральных областях, создавая более плотные и компактные выпуклости. Кроме того, слияния могут вызвать увеличение скорости вращения и турбулентности в центральных областях, что способствует усилению процессов акреции и перераспределения материи.

В спиральных галактиках слияния происходят реже и менее интенсивно, особенно в галактиках, не испытывающих сильных внешних воздействий. Здесь центры галактик остаются более стабильными, а балджи, как правило, развиваются медленнее и в меньших масштабах. Спиральные рукава остаются активными зонами звездообразования, что также ограничивает рост балджей.

### 2.2. Роль турбулентности и акреции

Линзовидные галактики характеризуются высоким уровнем турбулентности в центральных областях, что способствует перераспределению вещества и образованию компактных структур. Турбулентные потоки газа и пыли в таких галактиках могут ускорять процессы акреции в центральной выпуклости, что приводит к образованию классических балджей.

Кроме того, в линзовидных галактиках часто наблюдаются активные процессы акреции, где центральные черные дыры поглощают матернию, а остаточные потоки газа и пыли создают высокую плотность в балдже. В спиральных галактиках, где более активно происходит звездообразование в рукавах, таких процессов наблюдается меньше.

### 2.3. Возраст и состав звездных популяций

Балджи линзовидных галактик обычно состоят из старых звезд, что отражает более позднюю стадию их эволюции. В то время как спиральные галактики могут сохранять более молодые звездные популяции в своих центральных областях и в спиральных рукавах, балджи этих галактик обычно менее выражены и состоят из звезд разного возраста. Это также связано с различием в истории звездообразования, где в линзовидных галактиках процесс звездообразования происходит медленнее и в основном в центральных областях, а в спиральных — более равномерно по всей галактике.

## III. Анализ данных наблюдений.

Наблюдения, основанные на данных телескопов, подтверждают, что балджи в линзовидных галактиках чаще бывают яркими и компактными. Например, исследования с использованием Большого Микроволнового Телескопа и других высокоразрешающих инструментов показывают, что линзовидные галактики обладают более четко выраженными балджами, в то время как в спиральных галактиках они могут быть менее заметны.

Итак, мы хотим изучать балджи только S и SO галактик, так как они могут быть структурами с принципиально разными свойствами, имеющими различную природу.

На рис.1 дается гистограмма общего количества из 1101 БСГ по типам балджа, где обозначены 1) Классические (К) балджи; 2) Дискообразные (Д) балджи; 3) Ящикиообразные (Я) балджи; 4) Арахисоподобные (А) балджи; 5) Псевдобалджи (П).

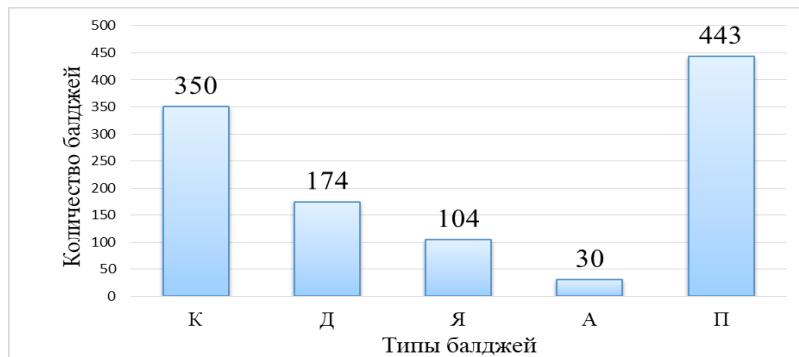


Рис.1. Гистограмма общего количества БСГ по типам балдже.

Отсюда видно, что больше всего встречаются классические балджи, дискообразные балджи, затем ящикиообразные, если не учитывать псевдобалджи, а менее всего арахисоподобные балджи. Из них классические балджи-350 шт. (~ 32%); дискообразные балджи-174 шт. (~16%); ящикиообразные балджи - 104 шт. (~ 9%); арахисоподобные балджи -30 шт. (~ 3%); псевдо (пока точно неклассифицированные) - 443 шт. (~ 40%).

Интересно было бы узнать, какие типы спиральных галактик встречаются чаще всего? Ответ на этот вопрос может играть важную роль при разработке механизма происхождения балджа в дисках спиральных галактик. Кроме того, интересно знать, как влияет бароподобная структура. Поэтому нами построена соответствующая гистограмма БСГ (рис. 2).

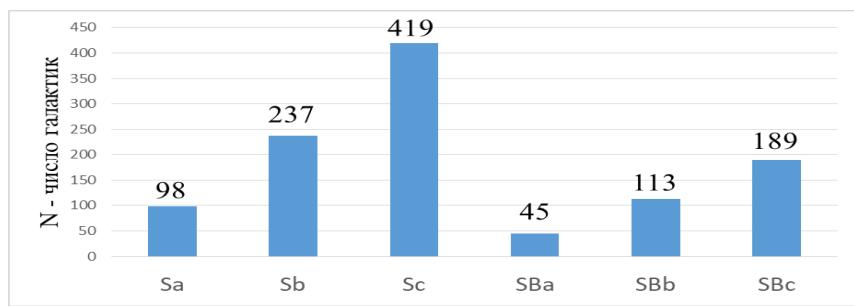


Рис. 2. Гистограмма количества БСГ по морфологическим типам.

Отсюда видно, что явно большое количество БСГ соответствует морфологическим типам Sc и SBc, а неименьшее ее количество - Sa и SBa. Распределение БСГ для классических балджей показано на рис.3. Аналогичные распределения дискообразных, ящикообразных и псевдо БСГ по морфологическим типам галактик даны на рис. 4-6.



Рис.3. Гистограмма количества БСГ для классических балджей.



Рис.4. Гистограмма количества БСГ по типам для дискообразных балджей.



Рис.5. Гистограмма количества БСГ для ящикообразных балджей.



Рис.6. Гистограмма количества БСГ для псевдобалджей.

Наши исследования показывают, что для всех типов балджей, с уменьшением степени закрученности спиральных рукавов количество БСГ всегда растет.

Из этого вывода, что чем слабее закручены (открыты) спиральные рукава, тем легче (больше) наблюдать балджи. Поэтому можно сказать, чаще встречаются в линзовидных галактиках, у которых нет спиральных рукавов.

Кроме того, стоит сказать, что классические балджи чаще встречаются в линзовидных галактиках, чем в спиральных галактиках, по некоторым причинам: 1) **Эволюция галактик:** Линзовидные галактики (S0) считаются промежуточным этапом между спиральными и эллиптическими галактиками. Они могут образовываться из спиральных галактик, которые потеряли свой газ и пыль, что привело к прекращению звездообразования и трансформации в линзовидные галактики. В процессе этой эволюции классические балджи могут сохраняться или даже усиливаться. 2) **Динамика звезд:** В линзовидных галактиках звезды в балдже имеют более хаотичные орбиты, что приводит к формированию классических балджей. В спиральных галактиках звезды в балдже могут иметь более упорядоченные орбиты, что приводит к формированию псевдобалджей. 3) **История слияний:** Линзовидные галактики могут образовываться в результате слияний галактик, что способствует формированию классических балджей. В спиральных галактиках слияния могут быть менее частыми или менее разрушительными, что приводит к формированию псевдобалджей.

#### IV. Каковы основные отличия балджей линзовидных и спиральных галактик?

Основные отличия балджей линзовидных и спиральных галактик связаны с их морфологией, эволюцией, возрастом звездных популяций и механизмы формирования. Рассмотрим эти различия более детально:

##### 4.1. Структура и форма балджей

**Балджи линзовидных галактик:** Балджи линзовидных галактик часто имеют компактную, ярко выраженную сфероидальную или эллипсоидальную форму. Они могут быть более плотными и слабо расширяться за пределы центральной области. В этих галактиках балджи часто представляют собой результат более агрессивной эволюции, такой как слияния галактик, что делает их более сжатыми и более выделяющимися на фоне остальной структуры.

**Балджи спиральных галактик:** Балджи в спиральных галактиках, как правило, имеют более вытянутую форму и менее выражены по сравнению с линзовидными галактиками. Они могут быть менее яркими и более плавно переходят в остальную часть галактики. В спиральных галактиках балджи обычно менее плотные и могут иметь более разнообразную структуру из-за смешанного состава старых и более молодых звезд.

##### 4.2. Возраст и состав звездных популяций

**Балджи линзовидных галактик:** В линзовидных галактиках балджи обычно состоят преимущественно из старых звезд. Эти звезды имеют низкие металлическости, что свидетельствует о более старом возрасте балджей. Линзовидные галактики часто пережили несколько стадий слияний и акреций, что способствовало концентрации старых звезд в их центральных областях.

**Балджи спиральных галактик:** В спиральных галактиках балджи могут включать как старые звезды, так и более молодые, поскольку процесс звездообразования активно продолжается в спиральных рукавах, влияя на структуру центральной области. Балджи спиральных галактик могут быть более разнообразными по возрасту звездных популяций.

#### 4.3. Процессы формирования

**Линзовидные галактики:** Балджи линзовидных галактик часто возникают в результате слияний или сильных взаимодействий с другими галактиками, что приводит к значительным изменениям в структуре и образованию плотных центральных областей. Эти процессы часто сопровождаются высокой турбулентностью и акрецией, что способствует быстрому образованию компактных балджей.

**Сpirальные галактики:** В спиральных галактиках балджи образуются медленнее и в менее экстремальных условиях. Звездообразование в спиральных рукавах происходит регулярно и более равномерно распределено по всей галактике. Балджи в этих галактиках часто развиваются более плавно и не подвержены таким сильным трансформациям, как в линзовидных.

#### 4.4. Яркость и плотность

**Балджи линзовидных галактик:** Обычно более яркие и плотные. Они могут составлять значительную часть всей галактики, особенно если галактика пережила несколько слияний. Такие балджи также могут быть окружены плоским диском, но их центральная часть значительно более плотная и слабо дифференцированная.

**Балджи спиральных галактик:** Могут быть менее яркими и не такими плотными, как в линзовидных. В этих галактиках балджи часто не составляют большую часть галактики, поскольку большая часть материи сосредоточена в диске и спиральных рукавах. Центральная выпуклость обычно менее заметна и не столь ярка.

#### 4.5. Кинематика и динамика

**Балджи линзовидных галактик:** Кинематика звезд в балджах линзовидных галактик часто более хаотична и неоднородна. Это связано с результатами слияний и сильных гравитационных взаимодействий, которые могут нарушить более упорядоченное движение звезд, характерное для других типов галактик.

**Балджи спиральных галактик:** В спиральных галактиках звезды в балджах чаще двигаются более упорядоченно, и их орбиты обычно имеют более круговую или эллиптическую форму. Это связано с тем, что в спиральных галактиках процесс звездообразования и акреции менее турбулентен, и центральные области остаются более стабильными.

**4.6. Положение в галактике:** В линзовидных галактиках балджи занимают центральное положение и доминируют в структуре галактики, в то время как в спиральных галактиках балджи могут быть менее выраженными и занимать меньшую часть центральной области.

**V. Заключение.** Таким образом, причины того, что классические балджи чаще встречаются в линзовидных галактиках, чем в спиральных, связаны с различиями в их эволюции и механизмах формирования. Линзовидные галактики, подвергаясь более интенсивным слияниям и взаимодействиям, создают условия для образования ярких и компактных балджей. В спиральных галактиках, где звездообразование происходит в спиральных рукавах, а центральные области остаются менее активными, балджи развиваются медленно и менее выражены. Эти различия подчеркивают важность взаимодействий и слияний галактик в процессе их эволюции и формирования ключевых структур.

В общем, ключевыми отличиями балджей линзовидных и спиральных галактик являются их форма, возраст звездных популяций, процессы формирования и степень яркости. Балджи линзовидных галактик обычно более яркие, компактные и состоят преимущественно из старых звезд, тогда как в спиральных галактиках они могут быть более вытянутыми, менее плотными и содержать как старые, так и молодые звездные популяции. Эти различия напрямую связаны с различной историей эволюции этих типов галактик, а также с интенсивностью взаимодействий и слияний в их центрах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. S. Barway, Y. Wadadekar, A. K. Kembhavi, & Y. D. Mayya. // Near-infrared bulge–disc correlations of lenticular galaxies // MNRAS, 3946 (1991).
2. B. J. Jarvis, K. C. Freeman. // The dynamics of galactic bulges: NGC 7814 and NGC 4594 // ApJ, 295, 324 (1985).
3. D. B. Fisher & N. Drory. // Demographics of Bulge Types within 11 Mpc and Implications for Galaxy Evolution // ApJ, 733, L47, (2011).
4. J. C. Barentine & J. Kormendy. // Two Pseudobulges in the "Boxy Bulge" Galaxy NGC 5746 // ApJ, 754, L140, (2012)
5. J. Kormendy, N. Drory, R. Bender & M. E. Cornell. // Bulgeless Giant Galaxies Challenge Our Picture of Galaxy Formation by Hierarchical Clustering, // ApJ, 723, 54, (2010)
6. N. J. McConnell & C. P. Ma. // Revisiting the Scaling Relations of Black Hole Masses and Host Galaxy Properties, // ApJ, 764, 184, (2013)
7. J. Kormendy & R. C. Kennicutt. // Secular Evolution and the Formation of Galaxy Bulges // Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 42, 603-647, (2004)
8. T. Naab & I. Trujillo. // Formation and Evolution of Galaxy Bulges // Space Science Reviews, 123(3-4), 261-305. (2006)
9. S. E. Meidt and et al. // The Structure of the Milky Way's Central Bulge: Observations and Models. // The Astrophysical Journal, 779(1), 59, (2013).
10. J. Kormendy & D. B. Fisher. // Two Types of Galaxy Bulges: Structural Differences and Implications for the Formation of Elliptical and Lenticular Galaxies // The Astrophysical Journal, 675(2), 1167-1181, (2008)