

Evidence of star cluster migration and merger in dwarf galaxies

<https://doi.org/10.1038/s41586-025-08783-9>

Received: 24 May 2024

Accepted: 12 February 2025

Published online: 09 April 2025

Open access

Mélina Poulain¹✉, Rory Smith², Pierre-Alain Duc³, Francine R. Marleau⁴, Rebecca Habas⁵, Patrick R. Durrell⁶, Jérémy Fensch⁷, Sungsoo Lim⁸, Oliver Müller^{9,10,11}, Sanjaya Paudel¹² & Rubén Sánchez-Janssen¹³

¹Space Physics and Astronomy Research Unit, University of Oulu, Oulu, Finland. ²Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago, Chile. ³Université de Strasbourg, CNRS, Observatoire astronomique de Strasbourg, Strasbourg, France. ⁴Institut für Astro- und Teilchenphysik, Universität Innsbruck, Innsbruck, Austria. ⁵INAF - Astronomical Observatory of Abruzzo, Teramo, Italy. ⁶Department of Physics, Astronomy, Geology and Environmental Sciences, Youngstown State University, Youngstown, OH, USA. ⁷University of Lyon, ENS de Lyon, CNRS, Centre de Recherche Astrophysique de Lyon, Lyon, France. ⁸Department of Astronomy, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea. ⁹Institute of Physics, Laboratory of Astrophysics, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Sauverny, Switzerland. ¹⁰Institute of Astronomy, Cambridge, UK. ¹¹Clare Hall, University of Cambridge, Cambridge, UK. ¹²Department of Astronomy and Center for Galaxy Evolution Research, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea. ¹³UK Astronomy Technology Centre, Royal Observatory Edinburgh, Edinburgh, UK. ✉e-mail: melina.poulain@oulu.fi

NSCs (nuclear star clusters)

Две основные гипотезы их образования:

1. **In situ звездообразование** — формирование NSC происходит на месте, из-за падения газа и последующего звездообразования в центре галактики.
2. **Миграция и слияние шаровых скоплений (GCs)** — звёздные скопления, находящиеся на периферии галактики, постепенно теряют орбитальную энергию из-за динамического трения и мигрируют к центру, где сливаются друг с другом, формируя NSC.

Предыдущие исследования, основанные на составе звездных популяций, указывали, что **in situ** сценарий преобладает в массивных галактиках, а **миграционный** — в карликовых, а при промежуточной массе обе вносят одинаковый вклад.

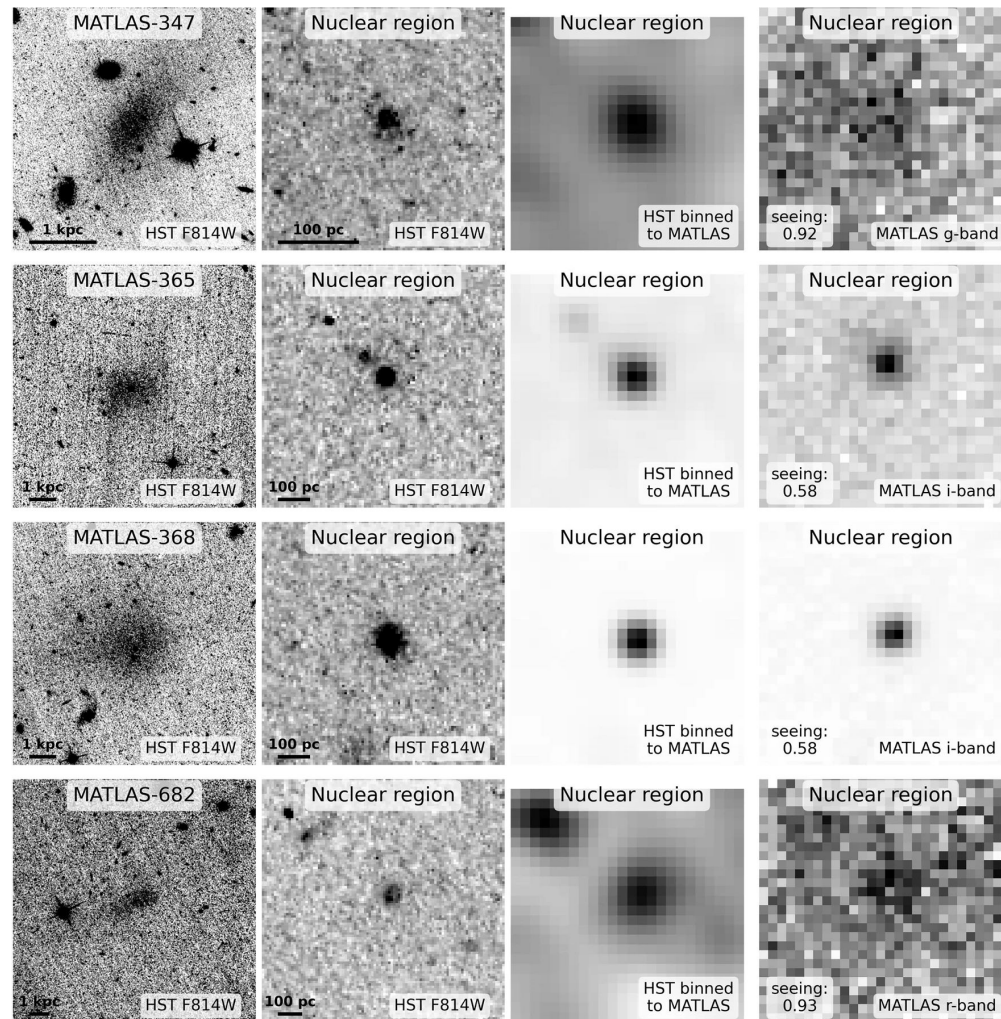
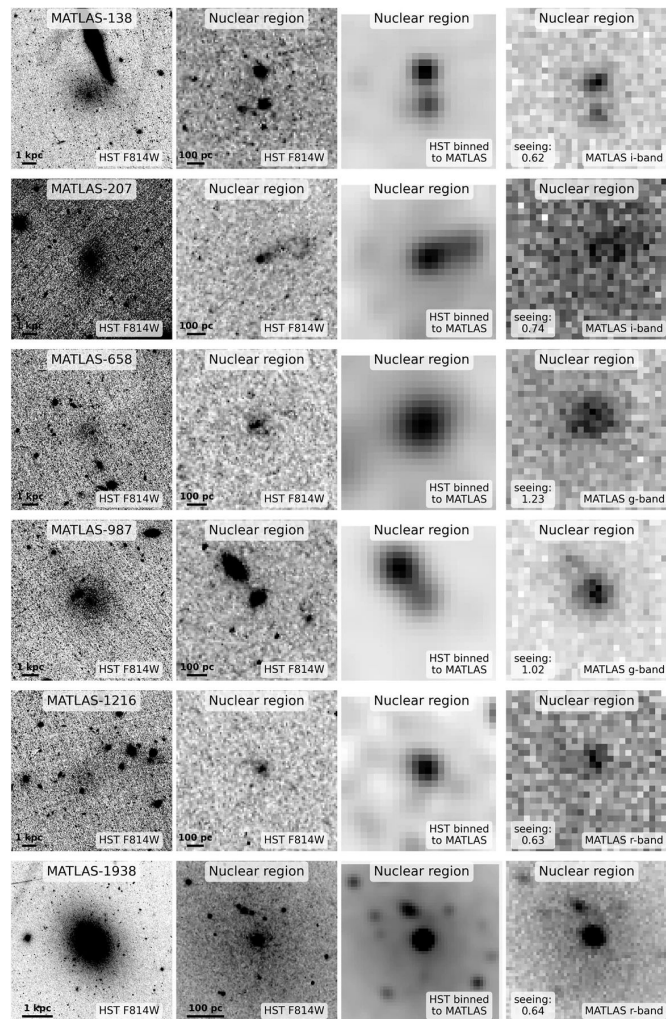
Однако, до сих пор **не было прямых наблюдательных подтверждений** процессов слияния скоплений в реальных галактиках.

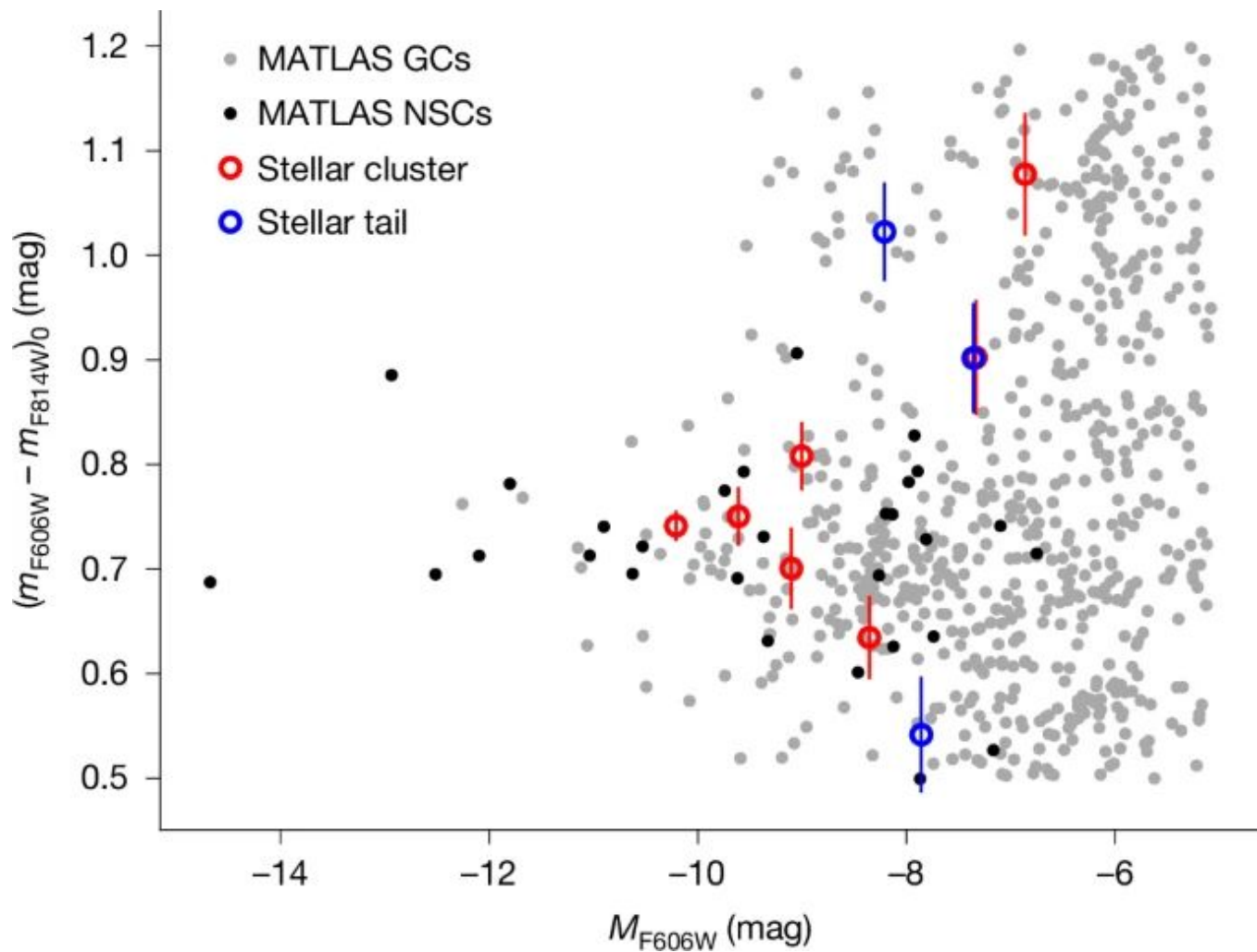
Main

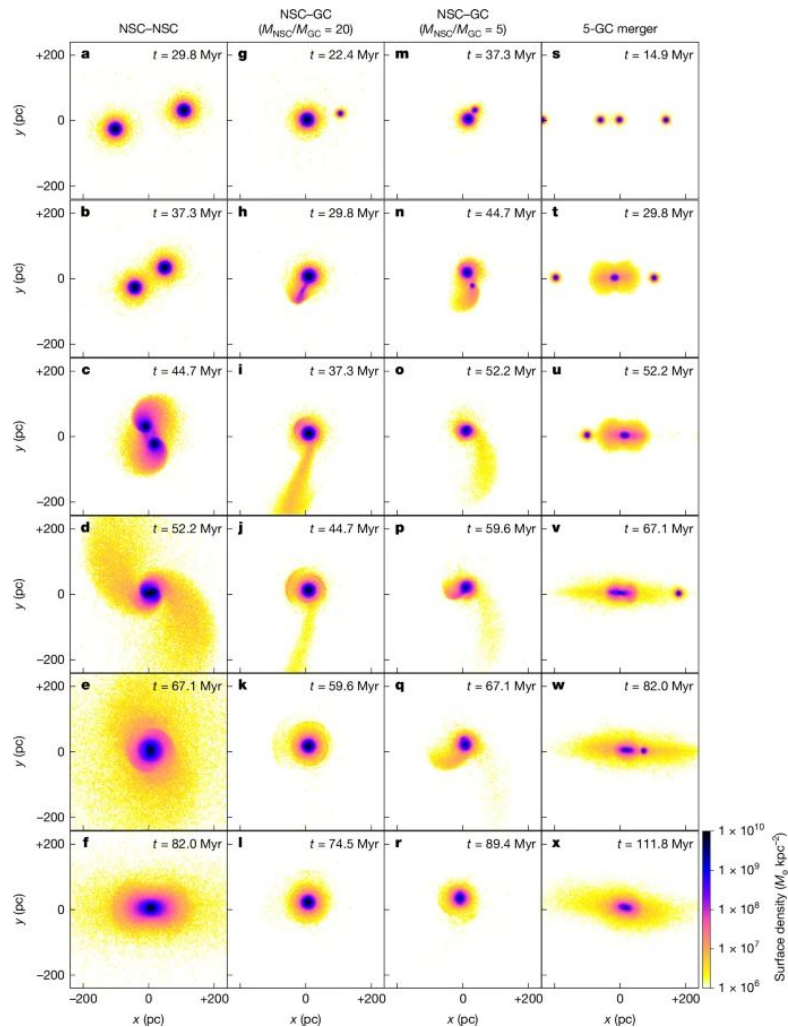
Целью данной работы было найти свидетельства миграции и слияния звёздных скоплений в ядрах карликовых галактик, используя:

1. Изображения **79** галактик, полученные в рамках проекта **MATLAS^{*}** с использованием телескопа **Hubble (HST)**
2. Фотометрический анализ структур в ядрах галактик, с целью выявить многокомпонентные ядра и признаки **приливных хвостов**
3. Численные **N-body** симуляции различных сценариев слияния, воспроизводящих наблюдаемые морфологии

^{*}Mass Assembly of Early-Type Galaxies with Their Fine Structures

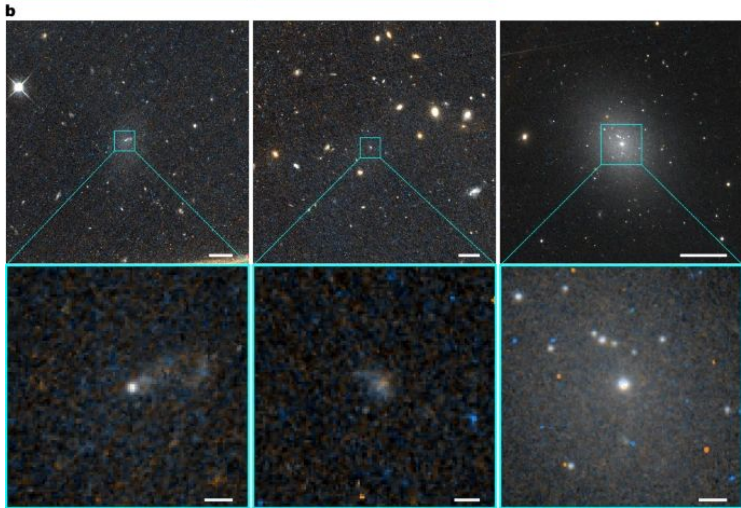
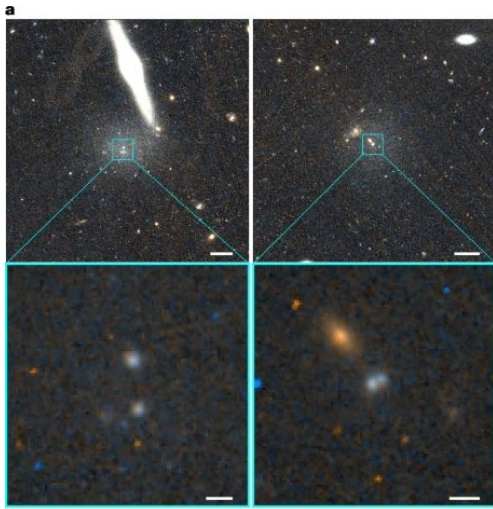






Основные параметры моделей:

1. моделировались три типа слияний:
NSC–NSC, NSC–GC, GC–GC
2. использован код **RAMSES** с разрешением до
0.375 пк
3. массивное NSC: $\sim 10^{6.5} M_{\odot}$
компактное GC: $\sim 10^{5.2} M_{\odot}$
4. параметры столкновения, радиальной скорости,
тангенциальной скорости или отношения масс



Авторы сопоставляют результаты фотометрии и симуляций, чтобы восстановить **двухступенчатую картину миграционного сценария:**

1. **Миграция** массивного шарового скопления в сторону центра галактики под действием динамического трения (MATLAS-138, MATLAS-987).
2. **Слияние** с уже существующим ядром, сопровождающееся образованием хвостов (MATLAS-207, MATLAS-1216, MATLAS-1938).