

Поиск ярчайших звезд в галактиках за пределами Местной группы

Тихонов Н.А. (САО РАН)

ВВЕДЕНИЕ

Одна из главных задач современной астрофизики состоит в определении верхнего предела массы звезды. Дело в том, что массивные звезды быстро эволюционируют и конечной стадией эволюции может быть вспышка сверхновой звезды, образование черной дыры или нейтронной звезды, или даже слияние этих релятивистских объектов с выделением огромной энергии. Тот или иной путь эволюции зависит от первоначальной массы звезды. Современные модели эволюции звезд предполагают, что первоначальные массы звезд могут достигать до 1000 масс Солнца, но пока что обнаружены звезды в 5 раз меньшей массы. Вопрос о верности теоретических моделей может быть решен только на основе изучения массивных звезд.

В нашей Галактике такие звезды рождаются в скоплениях, находящихся в галактической плоскости, где поглощение света очень велико, поэтому для решения проблемы с поглощением света и увеличения широты поиска следует выйти за пределы Галактики и вести поиски массивных звезд в других, не слишком далеких галактиках. Несколько массивных звезд найдено в спиральной галактике М31 и Большом Магеллановом облаке (рис.1 и рис.2). Так как теория предсказывает очень большие массы звезд при их низкой металличности, то поиск звезд следует проводить среди карликовых галактик с бурным звездообразованием и низкой металличностью. Таких галактик много за пределами Местной группы галактик.



Рис. 1.

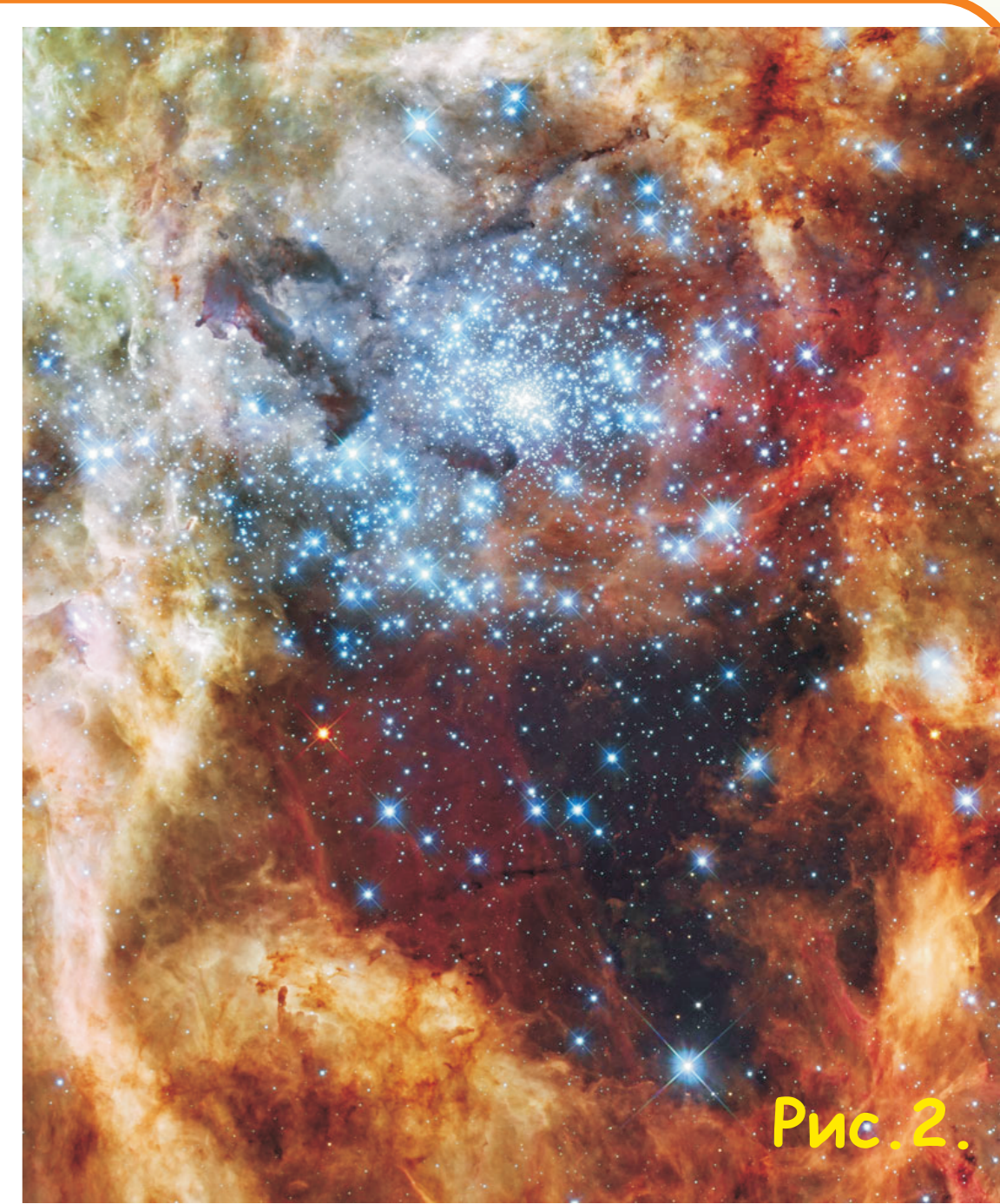


Рис. 2.

ПОИСК КАНДИДАТОВ В МАССИВНЫЕ ЗВЁЗДЫ.

Спектральные наблюдения позволяют определить тип звезды и оценить ее физические параметры, но такие наблюдения не подходят для поисковых задач из-за очень большого числа кандидатов в гипергиганты. Поэтому используются фотометрические методы, как более быстрые и доступные на всех телескопах. Кажется, что найти массивные звезды, которые являются и самыми яркими в галактиках не представляет труда, но это не совсем так. Во многих карликовых галактиках таких звезд просто нет. Срок жизни этих звезд очень мал (несколько миллионов лет), а частота их появления в галактиках невелика. Согласно закону распределения масс Сальпетера, на одну звезду массой 100 масс Солнца должно рождаться тысячи звезд меньших масс. Даже в нашей большой Галактике с многочисленными областями звездообразования известно всего несколько звезд с массами 150-300 масс Солнца (например LBV1806-20).

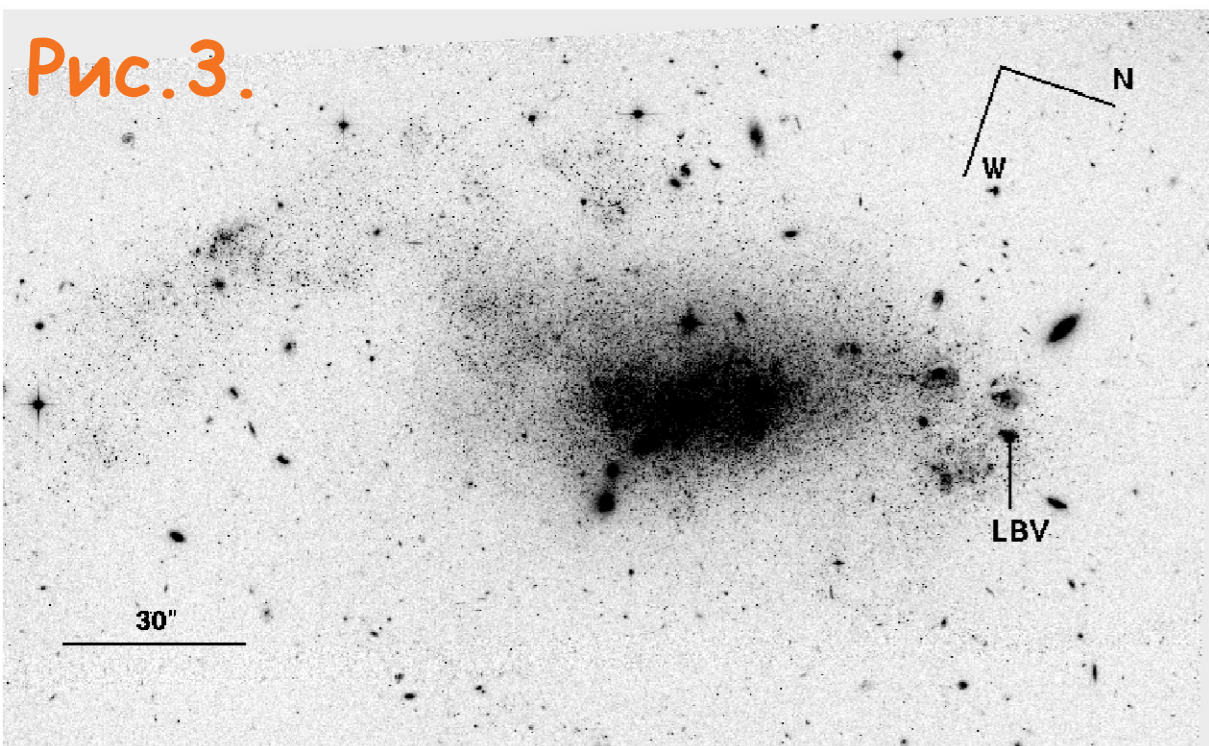


Рис. 3.

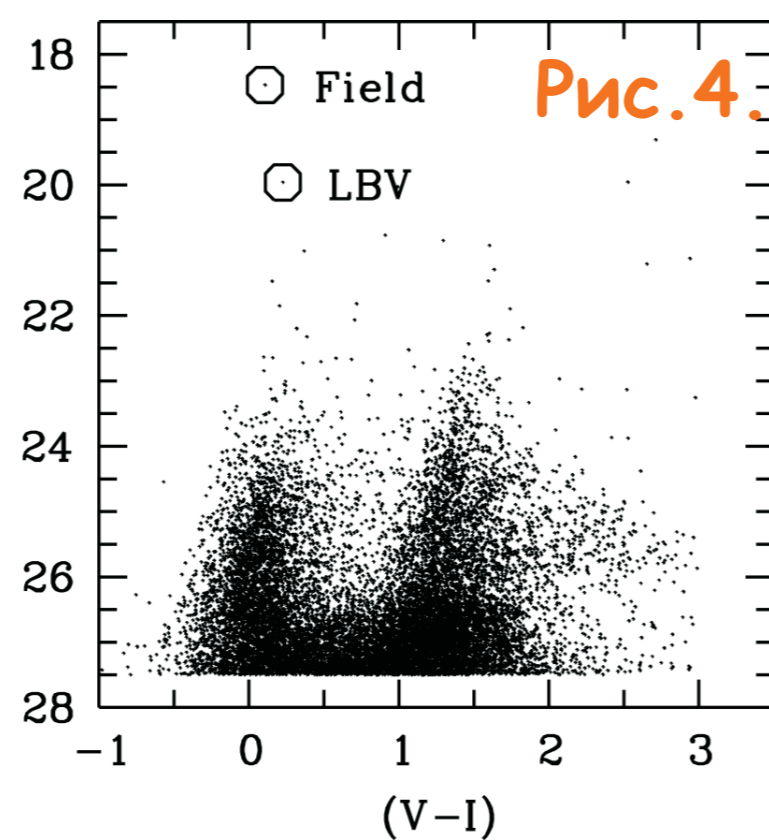


Рис. 4.

Второй фактор, который затрудняет поиск, состоит в наложении фоновых звезд нашей Галактики на исследуемые поля, что требует дополнительных исследований. Удобный метод для выявления фоновых звезд состоит в сопоставлении положений ярких звезд относительно областей звездообразования. Вероятность, что гипергигант появится в каком-то окружении менее массивных звезд всегда выше, чем вероятность его изолированного появления. Пример фоновых звезд, которые можно принять за гипергиганты, дает карликовая малометаллическая галактика DDO68, расстояние до которой 12 Мпк (Тихонов и др. 2014). В этой галактике найдена массивная яркая LBV звезда (Пустильник и др. 2017), которая отмечена на снимке галактики (рис.3). На диаграмме Герцшпрунга-Рессела для DDO68 эта звезда является ярчайшей (по нашим измерениям $M_v = -10.26$). Однако на этой диаграмме есть и другая, более яркая и более голубая звезда (рис.4), которая относится к фоновому рассеянному скоплению звезд нашей Галактики. Сравнение положений двух названных звезд в галактике DDO68 показывает, что LBV звезда действительно окружена скоплением звезд и газовыми облаками, в то время как фоновая звезда расположена вне каких-либо звездных скоплений и облаков газа.

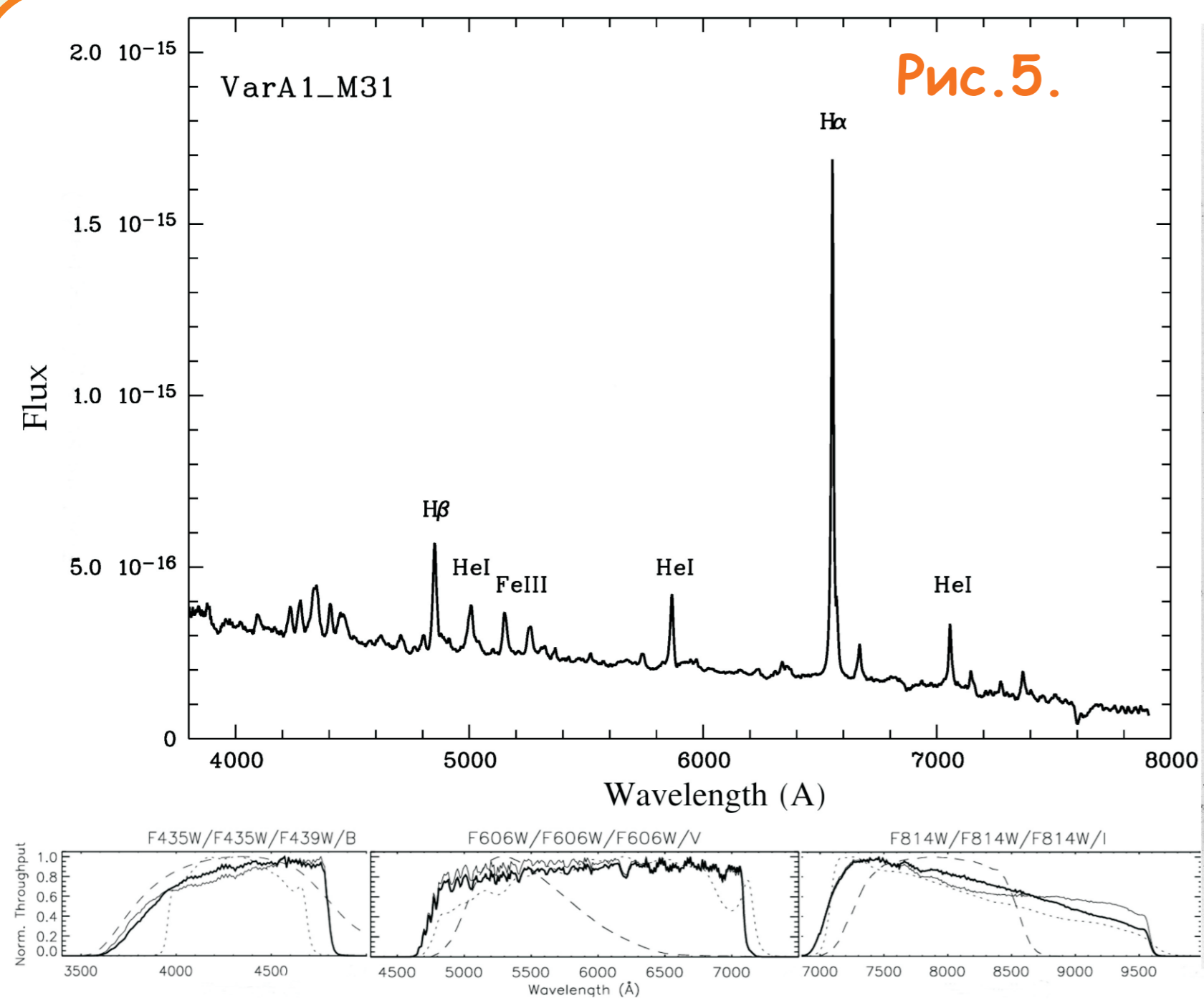


Рис. 5.

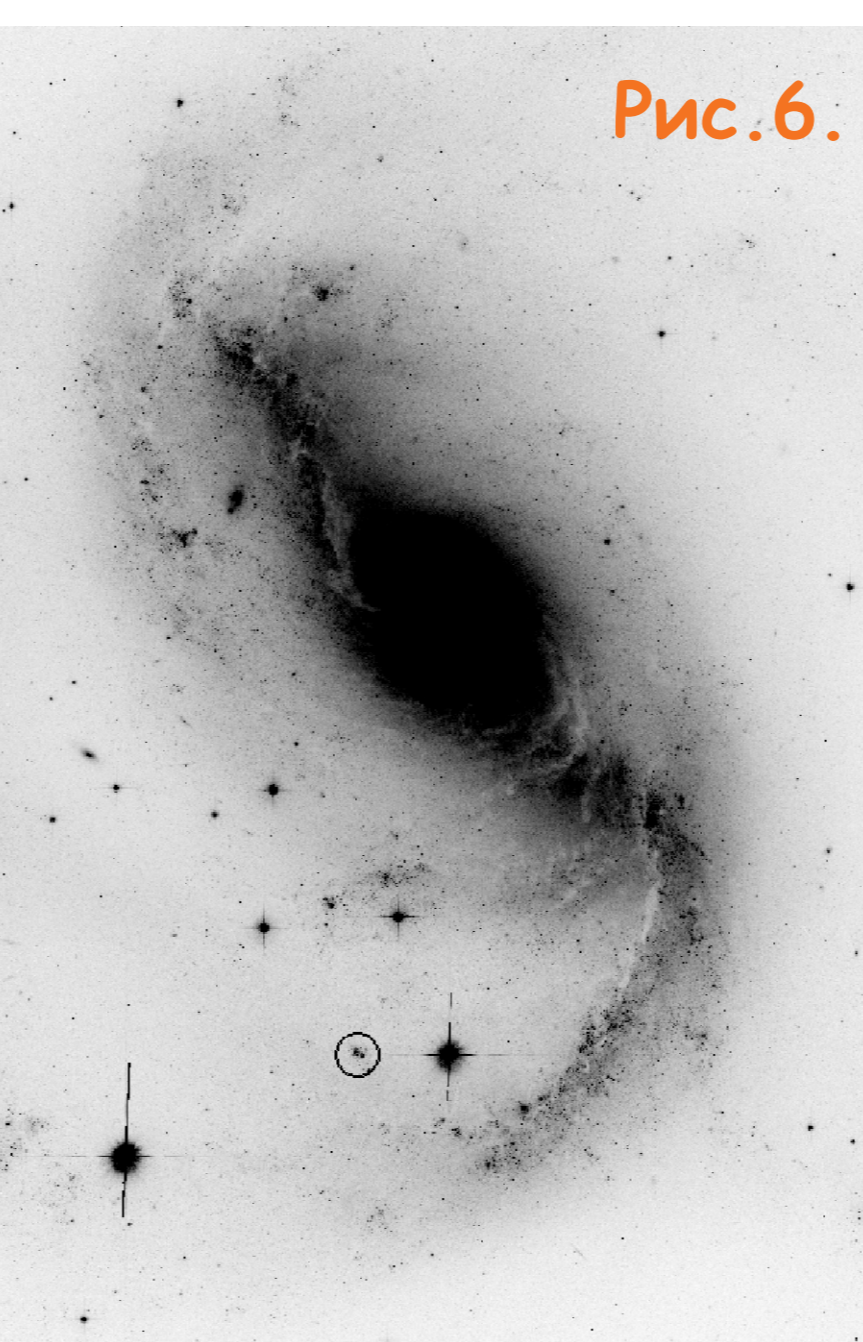


Рис. 6.

Третий фактор, затрудняющий поиски - недостаточное пространственное разрешение телескопа. При использовании наземных телескопов даже в нашей Галактике не удастся разделить на отдельные звезды тесные группы массивных звезд. Поэтому возможны ошибки в оценке массы, когда масса группы звезд будет приписана одиночной звезде. Космические телескопы (в основном - HST) позволяют разделить тесные группы и оценить массы отдельных звезд, но для удаленных галактик недостаточно их углового разрешения.

Поскольку у молодых массивных звезд происходит истечение газа и образование оболочек и облаков, то должна наблюдаться сильная эмиссионная линия H α . Этот сильно упрощает поиски кандидатов в массивные гипергиганты. На рис.5 показан полученный на 6м телескопе БТА спектр яркой LBV звезды A1, находящейся в галактике М31 (Шолухова и др. 2015). Внизу, на этом же рисунке показаны кривые пропускания фильтров F435W, F606W и F814W космического HST, с которыми получены большинство снимков галактик за пределами Местной группы. Линия H α попадает в фильтр F606W, поэтому все компактные области начинающегося звездообразования, которые легко спутать с ярчайшими звездами будут иметь отрицательные значения показателя цвета (V-I) и увеличенные размеры профилей (FWHM) по сравнению с профилями одиночных звезд. Наличие снимка галактики в фильтре H α , совместно со снимком в фильтре F814W, где эмиссия не вносит существенного вклада, позволяет выбрать в галактиках яркие звезды с эмиссией, среди которых и следует искать вероятные массивные звезды. На рис.6 показан снимок галактики NGC1672, находящейся на расстоянии 14 Мпк. Звездная фотометрия снимков HST показала наличие ярких звезд в скоплениях. Одно из них, где есть звезды $M_v = -10$, отмечено кружком, а на рис.7 это скопление показано как результат деления двух фильтров: F814W и F658N (H α). Вокруг скопления видны остатки газового облака, а само скопление похоже на скопление Тарантул из БМО (рис.1 и 2). Вид найденного скопления в фильтре F814W показан на рис.8.

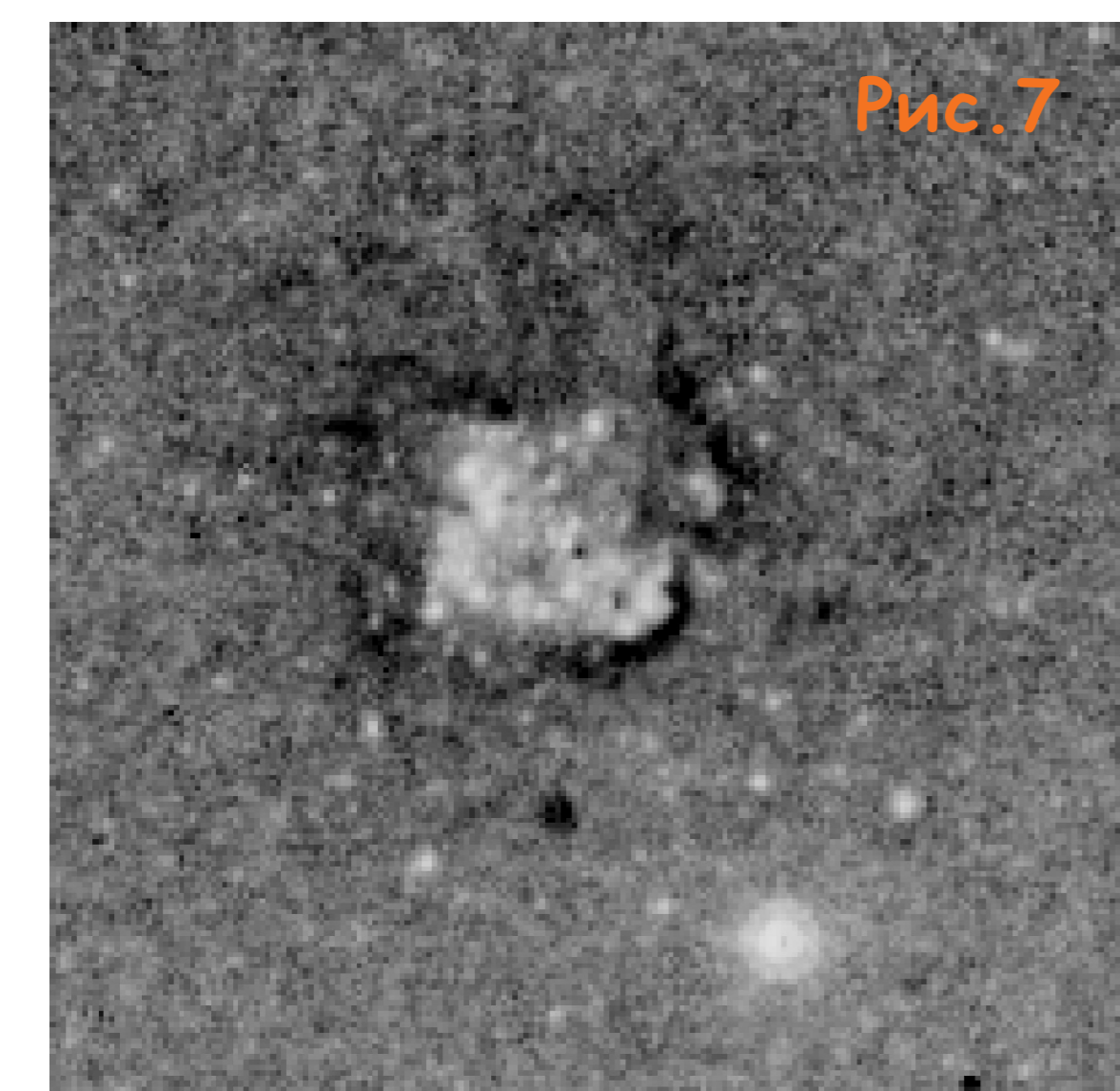


Рис. 7.

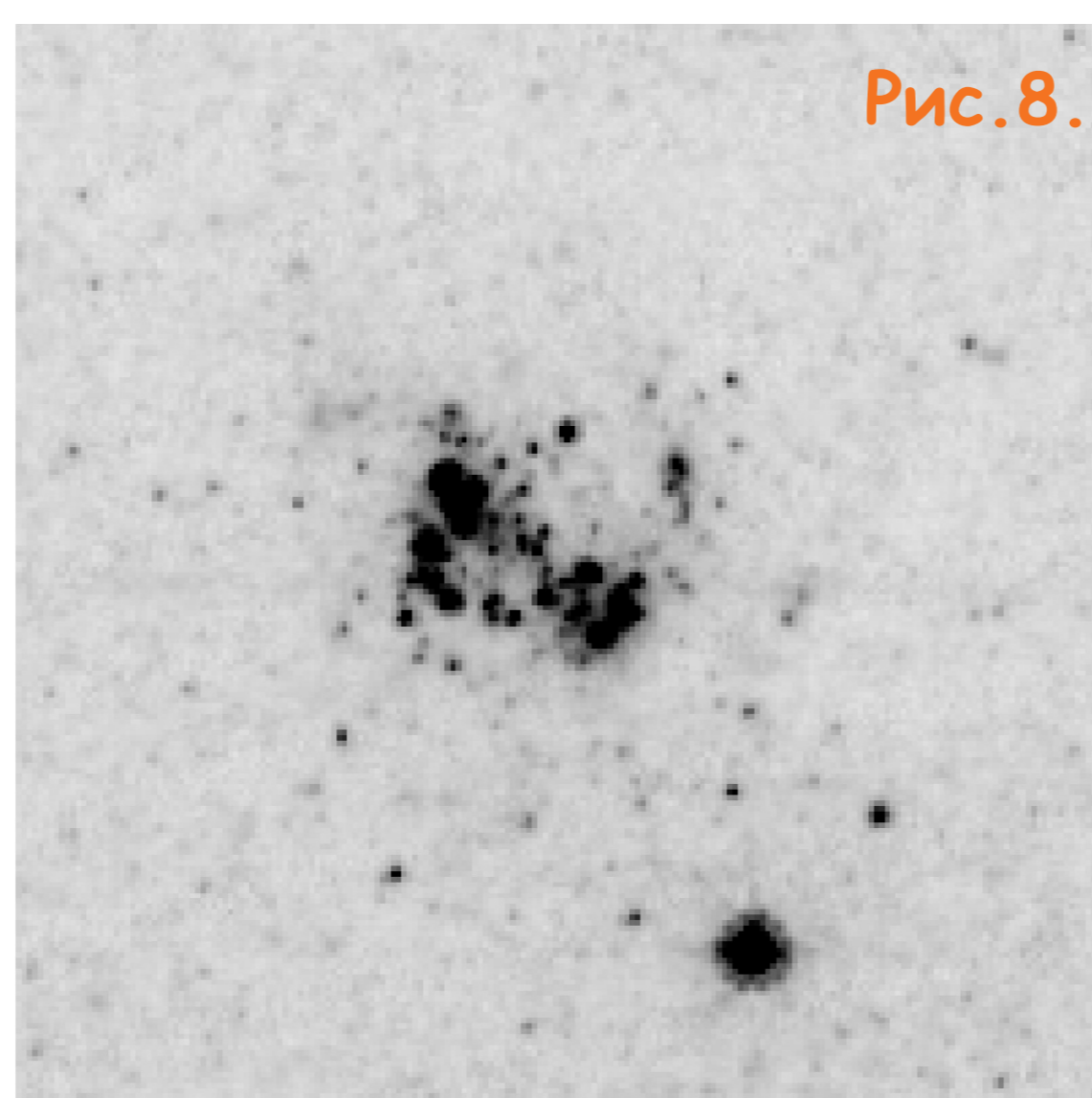


Рис. 8.

Кратко описанные выше методы поиска кандидатов в гипергиганты будут использованы нами для сотни галактик с областями звездообразования, а найденные кандидаты в гипергиганты будут наблюдаться спектрально, для окончательного выяснения их природы и определения физических параметров.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФИ и Национального научного фонда Болгарии в рамках научного проекта N 19-52-18007.

Список литературы

Тихонов Н.А., Галазутдинова О.А., Лебедев В.С., ПТАЖ, 40, 3 (2014). Pustilnik S.A., Makarova L.N., Perepelitsyna Y.A. et al., MNRAS 465, 4985 (2017). Sholukhova O., Bizyaev D., Fabrika S. et al., MNRAS 447, 2459 (2015).