

АСТРОНОМИЯ

В. А. КРАТ

О ЦИКЛИЧНОСТИ ВСПЫШЕК НОВЫХ

(Представлено академиком В. Г. Фесенковым 15 IV 1940)

3681/9
В 1936 г. В. А. Амбарцумяном⁽¹⁾ была высказана мысль, что процесс вспышки Новой может иметь место лишь во внешних слоях звезд. Если бы вблизи звездного ядра освобождалось даже значительное количество энергии, то в силу чрезвычайно низкой теплопроводности звездной материи это не могло бы привести к вспышке. Эта точка зрения вполне соответствует известной цикличности вспышек Новоподобных, так как совершенно очевидно, что за промежуток времени в несколько лет не может происходить изменений внутреннего строения звезд.

Процесс постепенного или скачкообразного сжатия звезды должен неизбежно вызывать увеличение угловых скоростей вращения внутренних слоев. В момент достижения точки бифуркации конфигурации вращения этот процесс должен внезапно остановиться. Для звезд, переходящих в спавшуюся (collapsed) конфигурацию и достигших при дальнейшем сжатии критической псевдосфероидальной формы, это означает, что масса ядра звезды оказывается фиксированной и дальнейшее ее увеличение невозможно⁽²⁾. Трехосные фигуры не соответствуют условиям равновесия масс вырожденного газа. Однако эволюционное ослабление яркости звезды, прогрессирующее ввиду истощения источников звездной энергии, неизбежно должно вызвать дальнейшее сжатие оболочки и переход части ее массы δm в вырожденное состояние, так как полное давление газа оболочки не будет уравновешивать эффективную силу тяжести на границе фаз. Тонкий слой газа должен быть выброшен обратно в атмосферу звезды, причем, так как бесконечно малые фазовые переходы являются обратимыми, это будет означать прекращение процесса сжатия и, вместе с тем, прекращение выделения гравитационной энергии в виде добавочного излучения звезды. Выделение же энергии вследствие сжатия материи должно являться одним из существенных (если практически не основным) источником энергии спавшихся звезд, ввиду чрезвычайно малой светимости ядер. Малая светимость ядер — белых карликов, вполне объясняется их огромной плотностью и в силу этого их почти полной непрозрачностью для выходящего излучения. Вместе с тем очевидно, что само явление спада могло быть вызвано лишь уменьшением светимости звезды, обусловленным в свою очередь истощением водородного содержания в центральных областях звезды⁽³⁾. Поэтому прекращение сжатия должно привести к катастрофическому спаду части газовой оболочки звезды и к выделению при этом гравитационной энергии этой массы газа. Освобожденная энергия должна стремиться взор-

вать газовую оболочку звезды, так как взрыв является по сути дела единственной возможной формой освобождения энергии. Освобождение энергии путем теплопроводности или лучистого переноса неэффективно ввиду непрозрачности газовой оболочки. Вместе с тем основная масса энергии выделяется как в форме механической работы—большая часть оболочки рассеивается в пространстве, так и в форме лучистой энергии, причем порядок этих величин должен быть в обоих случаях одинаков вследствие кратковременности вспышки. Так как рассматриваемый процесс является необратимым, часть массы газа, переходящей в вырожденное состояние при спаде, не может вернуться вновь в исходную фазу и может положить начало местной конденсации. По истечении известного промежутка времени, когда оставшаяся часть оболочки достаточно охладится, наступит вновь процесс сжатия, вызванный недостаточностью лучевого давления. Этот процесс, сопровождающийся выделением гравитационной энергии, будет протекать плавно до того момента, пока вновь не наступит критическое состояние. В этом случае пройдет новая вспышка. Эти вспышки будут повторяться до тех пор, пока вся газовая оболочка звезды не рассеется в пространстве и звезда не перейдет окончательно в стадию белых карликов.

Отождествляя явление вспышки спавшейся звезды с явлением Новых, мы должны произвести расчет энергии вспышки и продолжительности циклов в зависимости от массы оболочки.

В соответствии с теорией вырожденного электронного газа ⁽⁴⁾ для гравитационной энергии вырожденного ядра с массой m мы имеем выражение:

$$E \approx 2 \cdot 10^{-28} m^{4/3}. \quad (1)$$

Если m близко к массе Солнца, то освобождающаяся энергия будет равна 10^{50} эргов. Количественно эта энергия соответствует энергии вспышки Сверх-Новой. Явление Сверх-Новой может рассматриваться как переход основной массы звезды в вырожденную фазу. Эта энергия в действительности может несколько увеличиваться за счет ядерных реакций, начинающихся при проникновении в центральные области элементов более сложного строения, чем гелий, а также и протонов. При последующих вспышках освобождающаяся гравитационная энергия должна быть равна разности гравитационных энергий ядер с массой m и Δm

$$\Delta E \approx 5 \cdot 10^{-28} m^{4/3} \Delta m. \quad (2)$$

Полагая $\Delta m = qm$ и $m \approx 2 \cdot 10^{32}$ г, имеем:

$$\Delta E \approx 10^{50} q. \quad (3)$$

Для типичных Новых $\Delta E \approx 10^{45}$ эргов и, следовательно, q может считаться имеющим порядок 10^{-5} . Для Новоподобных q должно иметь порядок $10^{-8}—10^{-9}$. Релятивистский эффект упаковки может несколько уменьшить эту величину, и в действительности мы можем считать q для Новых находящимся в интервале $10^{-5}—10^{-6}$. Таким образом, масса спадающего при вспышках слоя менее обычной массы оболочки Новой, что находится в согласии с наблюдениями [Амбарцумян, Горделадзе ^(4, 5)]. Верхней границей массы атмосферы спавшихся звезд, вероятно, можно считать 10^{-4} . После нескольких вспышек порядок массы оболочки должен понизиться на 10. В силу этого срок жизни Новой может быть лишь в 10 раз больше продолжительности цикла, соответствующего эпохе наблюдаемой вспышки. Продолжительность же цикла всецело обусловлена массой остающейся после взрыва оболочки. Гравитационная энергия оставшейся оболочки должна иметь порядок энергии взрыва, так как она близка к энергии обратного перехода вырожденного газа в идеальный. Следовательно, между амплиту-

дой вспышки и циклом должна существовать определенная зависимость. Принимая излучение Новых в фазе минимума имеющим порядок 10^{34} эрг/сек., получим для продолжительности цикла

$$P \approx 10^3 - 10^4 \text{ лет,} \quad (4)$$

а для Новоподобных с $L = 10^{31} - 10^{32}$ эрг/сек.

$$P \approx 10 \text{ лет.} \quad (5)$$

Срок жизни Новых мы соответственно должны установить в $10^4 - 10^5$ лет, а Новоподобных — в 100 лет. В свете данной гипотезы становится понятной зависимость между циклом и амплитудой вспышек Новоподобных, открытая Кукаркиным и Паренаго⁽⁶⁾.

Главная астрономическая обсерватория
Пулково

Поступило
15 IV 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Амбарцумян, Теоретическая астрофизика (1939). ² Крат, Астрон. журнал, XV, 421 (1938). ³ M. N. Eddington, 99, № 8 (1939). ⁴ M. N. Chandrasekhar, 95, 205 (1935). ⁵ Горделадзе, Бюлл. Абастум. обсерват., 1, 55 (1937). ⁶ Кукаркин, Паренаго, Переменные звезды, 4, 251 (1934).