

Исследование переменных типа Миры Кита с мазерной эмиссией H_2O .

Л.С. Кудашкина, Г.М. Рудницкий

The investigation of the Mira Ceti type variables with H_2O maser emission, by L.S. Kudashkina and G.M. Rudnitskij.

Исследовались мириды с околозвездной мазерной эмиссией H_2O на волне 1.35 см. Проведено сравнение кривых визуального блеска с кривыми переменности мазерного излучения H_2O . Использованы оригинальные наблюдения авторов и литературные данные. Подробно обсуждаются результаты для U Her.

Среди мирид с мазерной эмиссией H_2O наибольшее количество наблюдательных данных в линии H_2O имеется для звезд R Aql, U Her, R Leo, U Ori. Эти звезды исследовались различными авторами в течение последних 15–17 лет, прошедших со времени первых наблюдений мазерного излучения H_2O в этих миридах. У всех перечисленных звезд прослеживается корреляция плотности потока в линии H_2O с визуальным блеском. Это иллюстрируется графиками визуальной кривой блеска и зависимости $F_{\text{H}_2\text{O}}(t)$ для мириды U Her (см. рис. 1). График $F_{\text{H}_2\text{O}}$ обобщает все опубликованные данные по U Her за 1969–1983 годы.

Ранее были опубликованы зависимости $F_{\text{H}_2\text{O}}(t)$ для R Aql, U Ori, R Leo (Берулис и др., 1984, Гомес Балбоа и Леппин, 1986, Рудницкий, 1987) для более коротких интервалов времени (полные данные будут приведены в последующей, более подробной публикации). У перечисленных звезд максимум $F_{\text{H}_2\text{O}}$, как правило, достигается вскоре после максимума визуального блеска, на фазах 0.1–0.2. Для U Her указанная особенность четко прослеживается на интервале JD 2440500–2441000.

Наиболее вероятное объяснение наблюдаемых зависимостей состоит в следующем. Если околозвездные мазеры H_2O в рассматриваемых миридах ненасыщены, то интенсивность в них меняется вдоль луча зрения экспоненциально: $I(z) = I_0 \exp(bz)$. Здесь I_0 – интенсивность фонового радиоизлучения, z – длина пути усиления, $b = \Delta n \lambda^2 A / 8\pi \Delta \nu$, λ – длина волны, A – вероятность спонтанного перехода, Δn – разность населенностей уровней перехода, $\Delta \nu$ – ширина линии. Нарастание I на выходе мазерного слоя связано с прохождением ударных волн в атмосфере мириды в каждом периоде переменности. При этом имеют место три эффекта (рис. 2): 1) увеличение I_0 за счет подсветки тормозным излучением горячего газа позади фронта волны, 2) возрастание площади источника с увеличением радиуса ударной волны, 3) включение все более длинных путей z в областях оболочки, близких к лимбу. Не исключается также возможность непосредственного воздействия ударной волны на мазерный слой. Проверка предлагаемой модели состоит в параллельных синхронных наблюдениях линии H_2O , эмиссионной линии H_α (присутствующей в "активной" фазе распространения ударной волны, одновременно с "подсвечивающим" радиоизлучением в континууме) и, если возможно, радиоизлучения в непрерывном спектре на сантиметровых волнах.

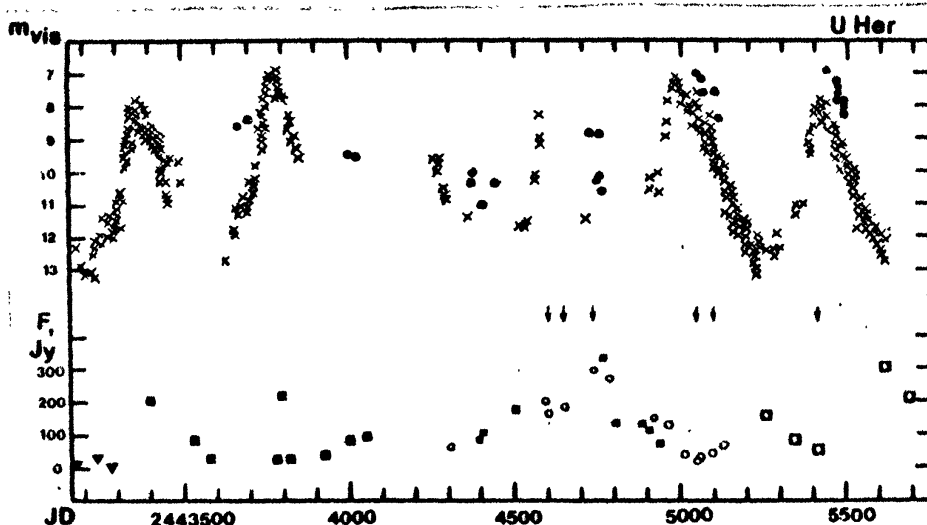
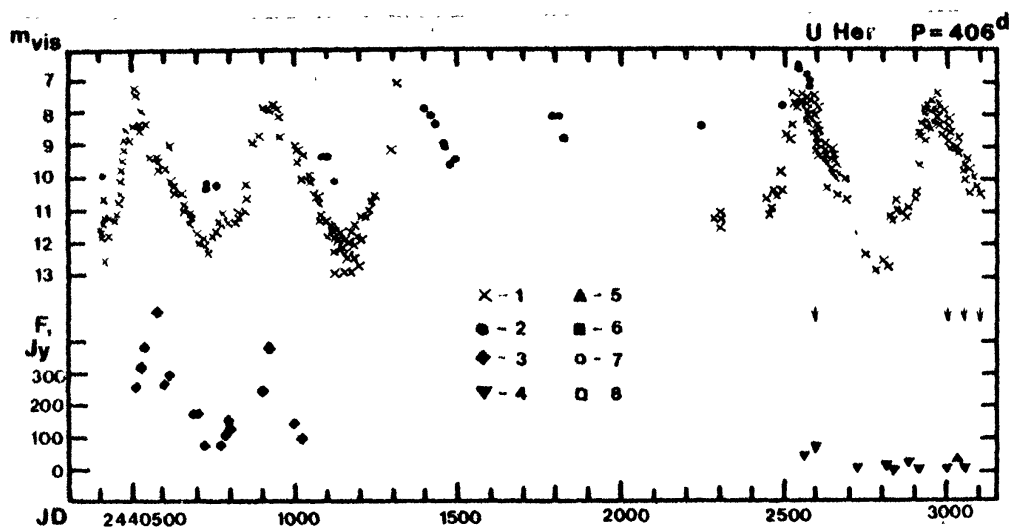
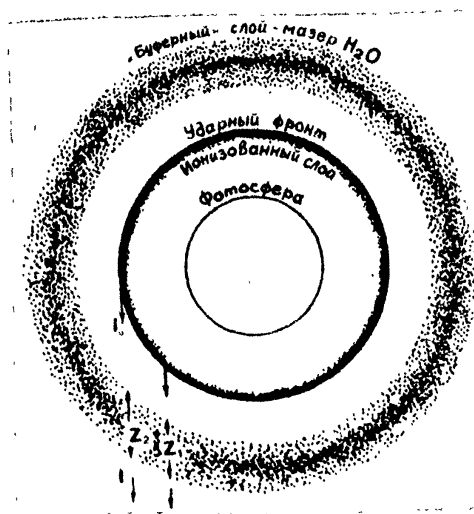


Рис. 1. Кривые переменности визуального блеска и лазерной эмиссии H_2O кометы U Her за 1969–1983 годы. Данные, показанные на графиках, взяты из источников: 1–Bulletin de l'AFOEV, 2–стеклошка семикамерного астрографа АО ОГУ, 3–Шварц (1971), 4–Кокс и Паркер (1979), 5–Спенсер и др. (1979), 6–Гомес Балбоа и Леппин (1986), 7–Берулис и др. (1983), 8–настоящая работа.



Р и с. 2. Геометрия области мазерного радиоизлучения H_2O в околозвездной оболочке мириды.

Отметим также период низкой мазерной активности U Her в интервале JD 2442500–2443500. Аналогичный провал в зависимости $F_{H_2O}(t)$ был у R Aql и U Ori, также в конце 1970-х годов. Это можно связать с периодическим появлением и исчезновением в околозвездной оболочке мириды квазистационарного "буферного" слоя с повышенной плотностью и с температурой 800–1000 K. В слое сосредоточена основная область генерации мазерного излучения H_2O . Характерное время существования слоя – 2–3 периода. Квазистационарный слой эпизодически наблюдался по ИК-линиям поглощения молекул в спектре уже у 10 мирид (Хинкл и др., 1982). Слой создается при выносе вещества особо мощной ударной волной, которой сопутствует яркий визуаль-

ный максимум. Действительно, если это так, то восстановление мазерной активности U Her после 1978 г. может быть связано с восстановлением квазистационарного слоя при ярком максимуме JD 2443800.

Л и т е р а т у р а.

- Берулис и др., 1983 – Берулис И.И., Лехт Е.Е., Пашенко М.И., Рудницкий Г.М., АЖ **60**, 310.
 Берулис и др., 1984 – Берулис И.И., Гладышев А.С., Лехт Е.Е., Пашенко М.И., Рудницкий Г.М., Сороченко Р.Л., Хозов Г.В., Научные информации Астрон. Совета АН СССР **56**, 92.
 Вилсон и др., 1972 – Wilson W.J., Schwartz P.R., Neugebauer G., Harvey P.M., Becklin E.E., ApJ **177**, 523.
 Гомес Балбоа и Лепин, 1986 – Gómez Balboa A.M., Lépine J.R.D., Astron. and Astrophys. **159**, 166.
 Кокс и Паркер, 1979 – Cox G.C., Parker E., MN **186**, 197.
 Рудницкий, 1987 – Rudnitskij G.M., in "Circumstellar Matter", Proc. IAU Symp. 122, p. 267, Dordrecht, Reidel.
 Спенсер и др., 1979 – Spencer J.H., Johnston K.J., Moran J.M., Reid M.J., Walker R.C., ApJ **230**, 449.
 Хинкл и др., 1982 – Hinkle K.H., Hall D.N.B., Ridgway S.T., ApJ **262**, 697.
 Шварц, 1971 – Schwartz P.R., Veröff. Remeis-Sternwarte Bamberg **9**, 44.

The miras with H_2O circumstellar maser emission at the wavelength 1.35 cm were investigated. A comparison of visual light curves with the curves of H_2O maser radio emission variability was carried out. The authors' original observations as well as literature data were used. The results for U Her are discussed in more detail.

*Астрономическая обсерватория Одесского гос. университета
им. И.И. Мечникова.*

Гос. астрономический ин-т им. П.К. Штернберга.

Изменение высоты максимума у звезд типа Миры Кита U Геркулеса, U Ориона, R Льва, R Орла.

Л.С. Кудашкина.

Changes of maxima height in the Mira Ceti type stars U Herculis, U Orionis, R Leonis and R Aquilae, by L.S. Kudashkina.

Большинство звезд типа Миры Кита в эпоху максимума блеска достигает разной звездной величины в различных циклах переменности. Для звезды U Геркулеса "плоские" максимумы регистрируются с 1922 г. Изменения достигают почти 1^m (от $7^m.1$ до $8^m.2$)¹.

В связи с присутствием в оболочках звезд типа Миры мазерного излучения, возникает вопрос о возможной корреляции "высоких" максимумов со вспышками мазера H_2O . На рис. 1 показано как от цикла к циклу изменяется высота максимума у звезд U Геркулеса, U Ориона, R Льва, R Орла. Данные получены по очень разнородному материалу (семикамерный астрограф АО ОГУ, наблюдения членов АФОЕВ, другие данные из литературы), который свести к единой фотометрической системе не удалось. Точки на графике даны усредненные примерно по 3-4 значениям. Для звезды R Орла получена непрерывная зависимость, начиная с 1950 года.

Трудно сделать какой-либо определенный вывод, но, скорее всего, изменения высоты максимума у этих звезд носят случайный характер. Можно отметить, что для звезд U Геркулеса, R Льва, U Ориона средний цикл появления "высокого" максимума составляет от 800 до 1600 дней. Для R Орла изменение высоты максимума происходит более быстро ($\sim 600-800^d$).

Возможно, что эти изменения высоты максимума могут происходить вследствие неодинаковых условий экранирования излучения в оболочке в каждом цикле изменения визуального блеска. Поскольку энергия, испускаемая звездой в видимой области, составляет малую часть всей излучаемой энергии, то визуальный блеск звезды может сильно меняться даже при небольших колебаниях общего излучения.²