

## Введение

Остаток сверхновой (ОСН) RCW 114 представляет собой  $\text{H}\alpha$  туманность с угловым диаметром  $\approx 4^\circ$  (Figure 1). Остаток ассоциируется с пульсаром B1727-47 [1]. Пульсар находится на границе остатка (см. рисунок 1) и обладает собственным движением в  $151 \pm 19 \text{ mas yr}^{-1}$ , из которого получается возраст сверхновой около  $50 \pm 10$  тыс. лет. RCW 114 рассматривается как проэволюционированный остаток сверхновой.

Расстояние является важным параметром для определения физических свойств астрофизических объектов. Можно оценить расстояние до RCW 114, анализируя свойства линий межзвездного поглощения в спектрах звезд, которые имеют разное расстояние и проецируются на остаток. Впервые таким образом было оценено расстояние до сверхновой в работе [2], в которой исследовались профили линий межзвездного поглощения D1 и D2 в спектрах семи звезд, расположенных в диапазоне расстояний 0,2–1,5 кпк. В работе [1] авторы обновили этот анализ, используя *Gaia* DR2 каталог расстояний до этих звезд [3], и оценили расстояние до сверхновой в диапазоне 0.4 – 1.2 кпк.

## Наблюдения

Для уточнения расстояния нами были сняты спектры высокого разрешения некоторых звезд поля. Звезды в поле сверхновой наблюдались на телескопе South African Large Telescope (SALT) в 2019–2020 гг. Также использовались архивные данные телескопов European Southern Observatory. Названия звезд, класс и расстояния до них указаны в таблице 1, а их расположения в поле остатка показаны на рисунке 1. Профили линий межзвездного поглощения показаны на рисунке 2.

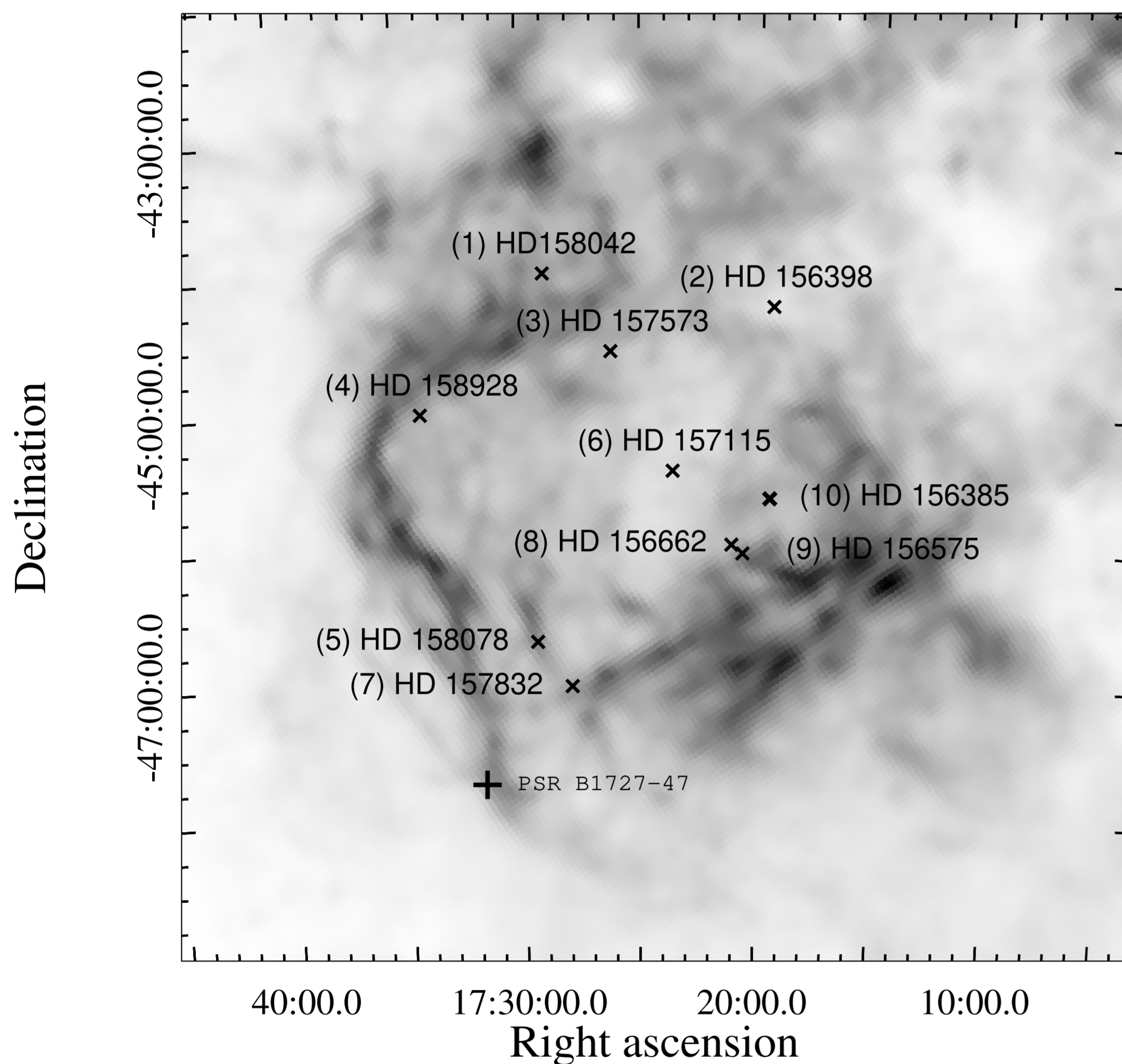


Figure 1: Изображение размером  $7' \times 7'$  поля остатка сверхновой RCW 114, полученное в фильтре  $\text{H}\alpha$ . Видна яркая оболочка остатка радиусом примерно 2 угловых градуса. Положения исследуемых звезд (и их названия) помечены символом "x". Положение пульсара PSR B1727-47, который ассоциируется с остатком сверхновой, показано "+".

| N  | Звезда    | INSTR    | RES    | D<br>пк            | класс   | V     | $w(\text{Na I, D1})$<br>mÅ | $w(\text{Ca II, H})$<br>mÅ |
|----|-----------|----------|--------|--------------------|---------|-------|----------------------------|----------------------------|
| 1  | HD 158042 | FEROS    | 48000  | $294_{-9}^{+9}$    | B5III   | 6.30  | $150 \pm 2$                | $42 \pm 2$                 |
| 2  | HD 156398 | HARPS    | 80000  | $490_{-100}^{+85}$ | B9.5III | 6.657 | $232 \pm 3$                | $60 \pm 2$                 |
| 3  | HD 157573 | HRS      | 37000  | $626_{-10}^{+11}$  | B7II    | 9.2   | $230 \pm 2$                | $100 \pm 5$                |
| 4  | HD 158928 | HRS      | 37000  | $672_{-11}^{+14}$  | B9III   | 7     | $225 \pm 2$                | $120 \pm 2$                |
|    |           | Xshooter | 9800   |                    |         |       |                            |                            |
| 5  | HD 158078 | HRS      | 37000  | $694_{-18}^{+12}$  | B4IV    | 7.6   | $184 \pm 13$               |                            |
| 6  | HD 157115 | HRS      | 37000  | $695_{-35}^{+34}$  | B5IV    | 8.6   | $340 \pm 3$                | $187 \pm 10$               |
| 7  | HD 157832 | HRS      | 37000  | $988_{-51}^{+70}$  | B2ne    | 6.7   | $212 \pm 2$                | $163 \pm 3$                |
|    |           | UVES     | 71500  |                    |         |       |                            |                            |
|    |           | UVES     | 107200 |                    |         |       |                            |                            |
| 8  | HD 156662 | FEROS    | 48000  | $1124_{-40}^{+42}$ | B2III   | 9.15  | $440 \pm 3$                | $213 \pm 4$                |
| 9  | HD 156575 | UVES     | 74450  | $1136_{-25}^{+26}$ | B1Ib/II | 9.0   | $496 \pm 3$                | $225 \pm 10$               |
| 10 | HD 156385 | UVES     | 74450  | $1328_{-47}^{+43}$ | WR      | 6.9   | $590 \pm 2$                | $255 \pm 10$               |

Table 1: Звезды, наблюдавшиеся с разными инструментами (INSTR) и разными спектральными разрешениями (RES). Расстояния до звезд взяты из каталога *Gaia* 3 Early Data Release [4]. Классы звезд и их видимые величины взяты из SIMBAD. Полные эквивалентные ширины линий межзвездного поглощения NaI (5898 Å)  $w(\text{Na I, D1})$  и CaII (3963 Å)  $w(\text{Ca II, H})$ .

## Профили линий и их эквивалентные ширины

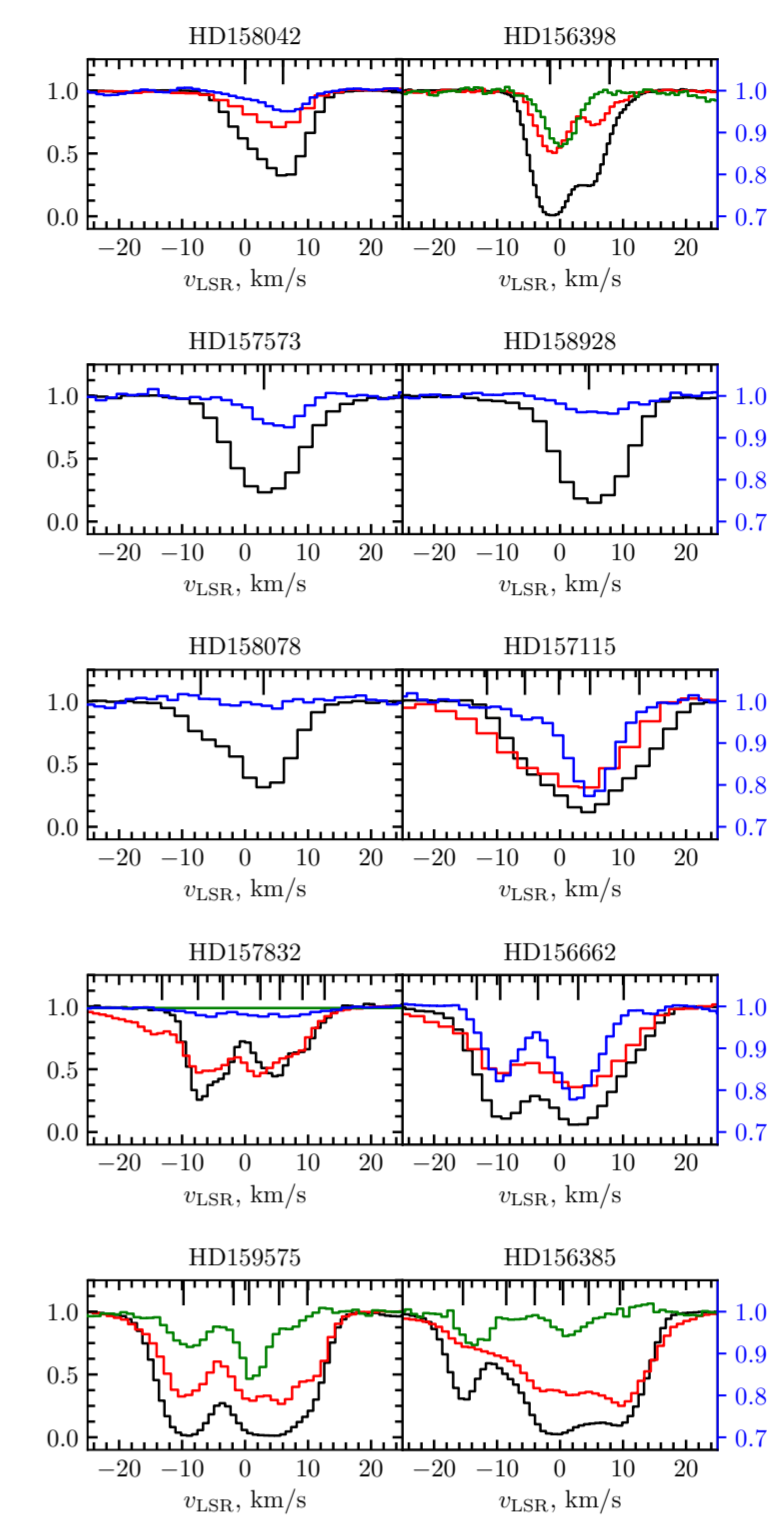


Figure 2: Профили линий поглощения Na I D<sub>1</sub>, K I, CH+ и Ca II K показаны тонкими цветными линиями: черной, синей, зеленой и красной, соответственно. Положения отдельных компонент отмечены вертикальными штрихами.

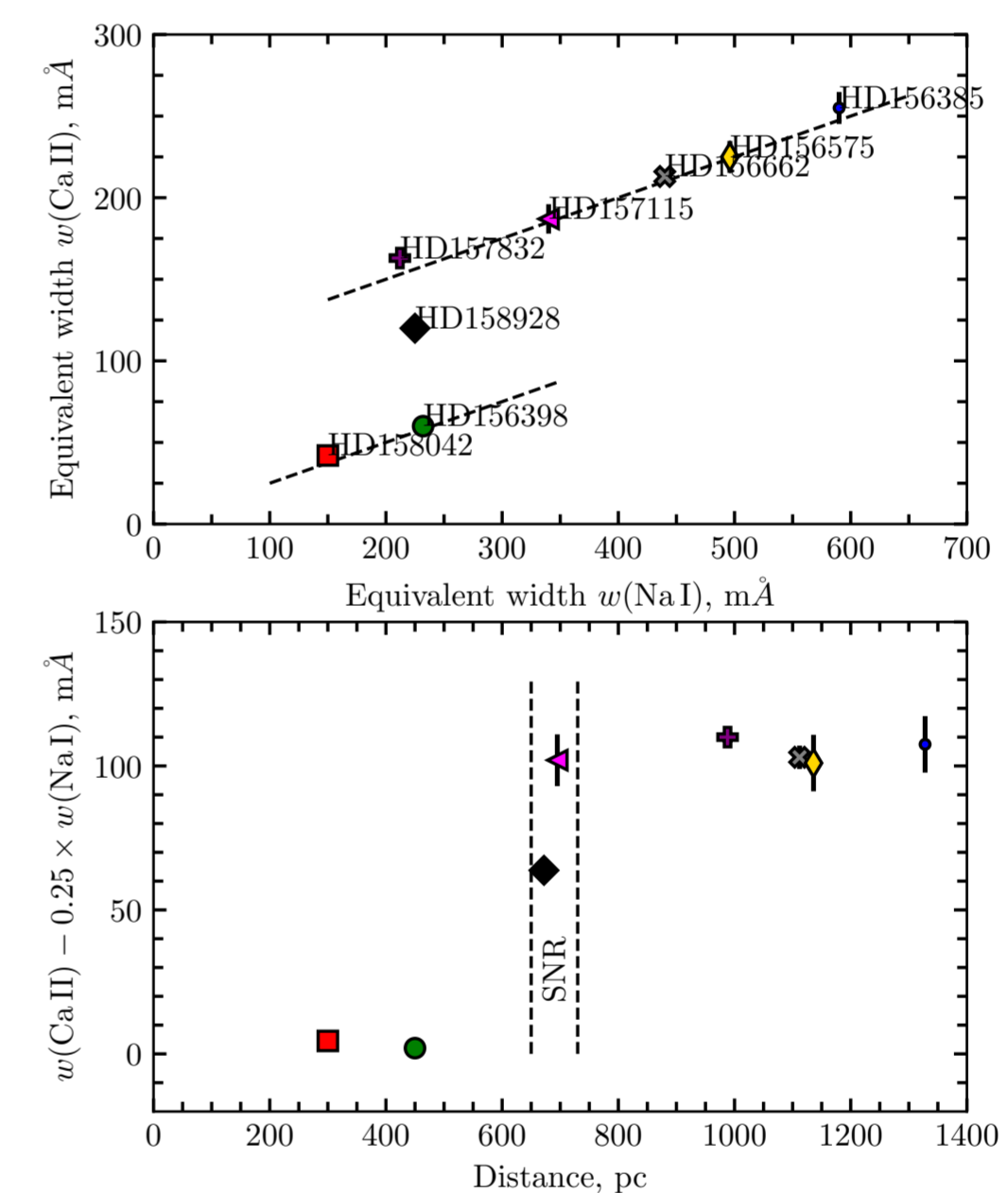


Figure 3: Измерения эквивалентных ширин линий Na I D<sub>1</sub> и Ca II K. Верхняя панель показывает отношение  $w(\text{Na I})$  от  $w(\text{Ca II})$ . Пунктирные линии показывают линейные зависимости  $w(\text{Na I}) = w_0 + 0.25 \times w(\text{Ca II})$ , рассчитанные для  $w_0 = 0$  и  $w_0 = 100 \text{ mÅ}$ . Нижняя панель показывает разницу между эквивалентной шириной Ca II и линейной аппроксимацией как функцию расстояния до фоновых звезд.

## Выводы

На верхней панели рис.3 мы видим скачок эквивалентной ширины линии Ca II, который приходится на позицию звезды HD 158928. Наблюдаемый скачок можно интерпретировать как небольшой избыток Ca II, связанный с воздействием ударной волны фронта остатка сверхновой на межзвездную среду. На нижней панели рис.3 видно, что избыток поглощения в линии Ca II появляется при  $D \sim 700 \text{ pc}$  и далее не меняется. Мы предполагаем, что газ, связанный с избытком поглощения Ca II, находится на расстоянии между  $(626 \pm 10) \text{ pc} < D < (695 \pm 30) \text{ pc}$ . Звезда HD 158928, которая находится на расстоянии  $D = 672_{-11}^{+14} \text{ pc}$ , имеет  $w_0 = 65 \text{ mÅ}$  и, вероятно, находится внутри остатка сверхновой. Таким образом, расстояние до сверхновой составляет около  $670 \pm 30 \text{ pc}$ .

Для этого расстояния радиус остатка сверхновой составляет около  $\approx 25 \text{ pc}$ , а полная энергии взрыва оценивается  $\approx 2 \times 10^{51} \text{ эрг}$  [1]. Собственное движение пульсара PSR B1727-47 составляет  $(151 \pm 19) \times 10^{-3} \text{ угл.с год}^{-1}$ , что соответствует скорости  $500 \pm 60 \text{ км/с}$ . Эта скорость находится в соответствии с наблюдаемым распределением пульсаров по скоростям [5].

## Ссылки

[1] Shternin P., Kirichenko A., Zyuzin D., Yu M., Danilenko A., Voronkov M., Shibanov Y., 2019, ApJ, 877, 78; [2] Welsh B. Y., Sallmen S., Jelinsky S., Lallement R., 2003, A&A, 403, 605; [3] Bailer-Jones C. A. L., Rybizki J., Foesneau M., Mantelet G., Andrae R., 2018, AJ, 156, 58; [4] Bailer-Jones C. A. L., Rybizki J., Foesneau M., Demleitner M., Andrae R., 2021, AJ, 161, 147; [5] Hobbs G., Lorimer D. R., Lyne A. G., Kramer M., 2005, MNRAS, 360, 974