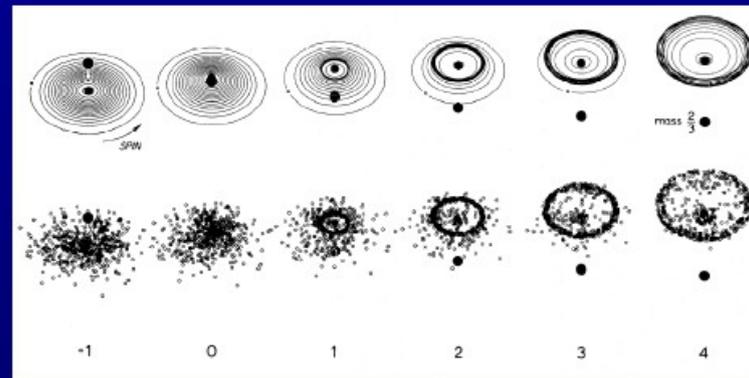
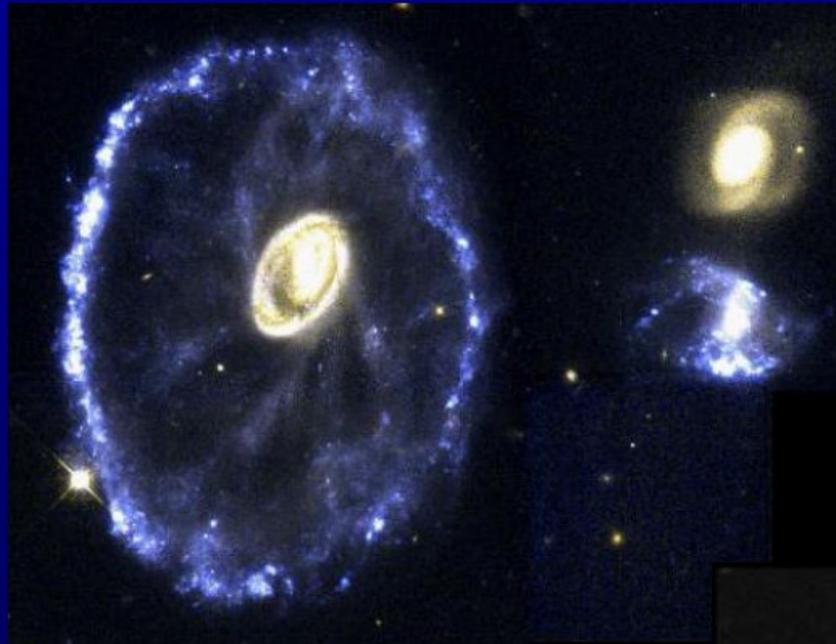


# A giant galaxy in the young Universe with a massive ring

Tiantian Yuan<sup>1,2,\*</sup>, Ahmed Elagali<sup>3,2</sup>, Ivo Labbé<sup>1</sup>, Glenn G. Kacprzak<sup>1,2</sup>, Claudia del P. Lagos<sup>3,2,4</sup>, Leo Y. Alcorn<sup>5,6</sup>, Jonathan H. Cohn<sup>5</sup>, Kim-Vy H. Tran<sup>5,7,2</sup>, Karl Glazebrook<sup>1,2</sup>, Brent A. Groves<sup>3,8,2</sup>, Kenneth C. Freeman<sup>8</sup>, Lee R. Spitler<sup>9,10,2</sup>, Caroline M. S.straatman<sup>11</sup>, Deanne B. Fisher<sup>1,2</sup>, Sarah M. Sweet<sup>1,2,12</sup>

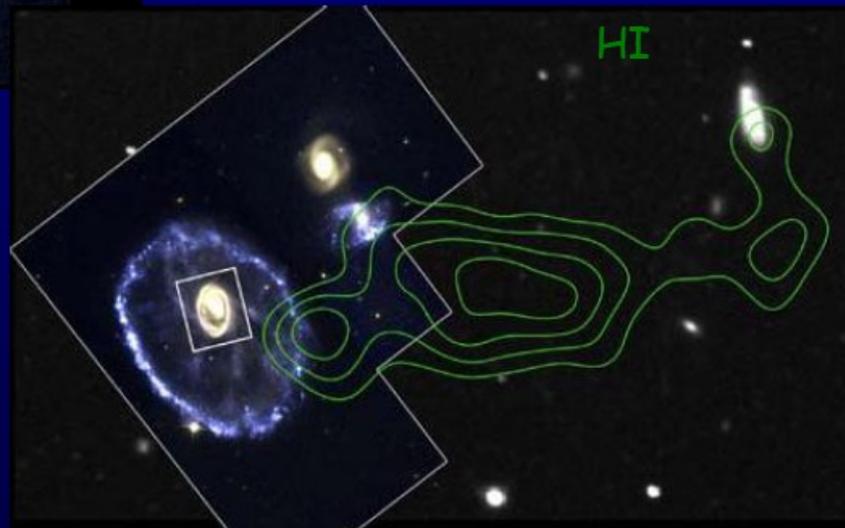
arXiv: 2005.11880v  
Nature Astronomy

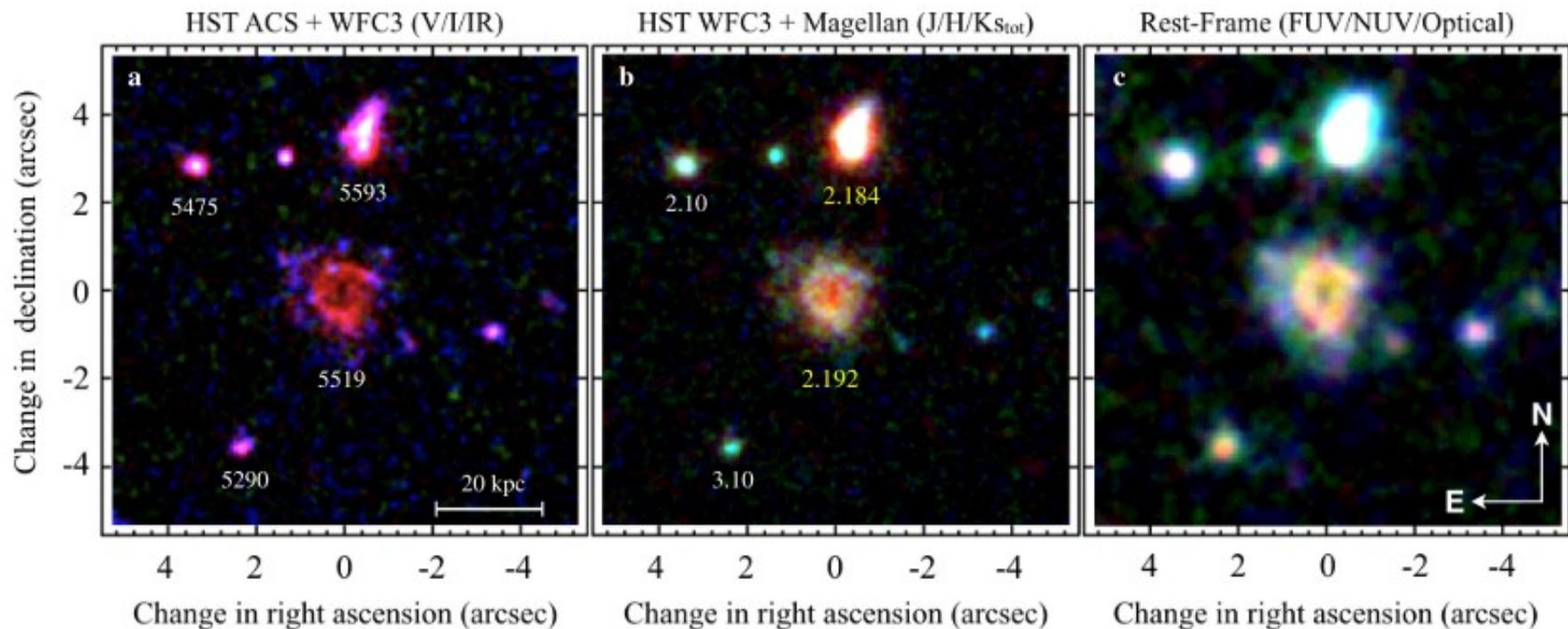
## Столкновительные кольца



*(Lynds and Toomre, 1976).*

Особые условия:  
«Бить аккуратно, но сильно»





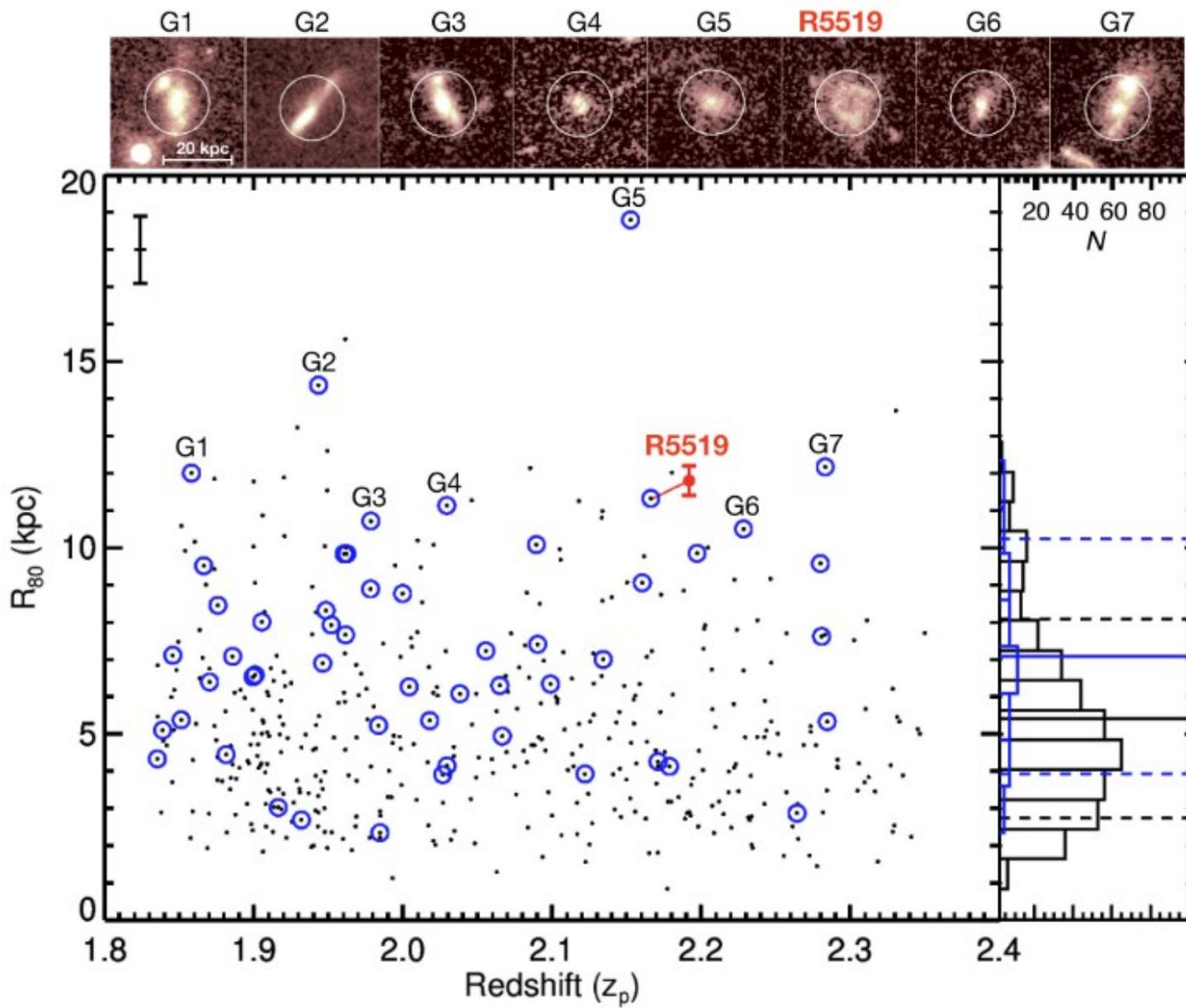
COSMOS field of the  $\square$  of the FourStar Galaxy Evolution survey (ZFOURGE)

a detailed study of a ring galaxy at a look-back time of 10.8 Gyr ( $z = 2.19$ ). Compared with our Milky Way, this galaxy has a similar stellar mass, but has a stellar half-light radius that is 1.5–2.2 times larger and is forming stars 50 times faster. The extended, dif-

Визуальный поиск спиралей ~4000 галактик, заодно нашли кольцо, член группы внутри ~40 кпк, оценка времени пролета  $t > 40$  Myr

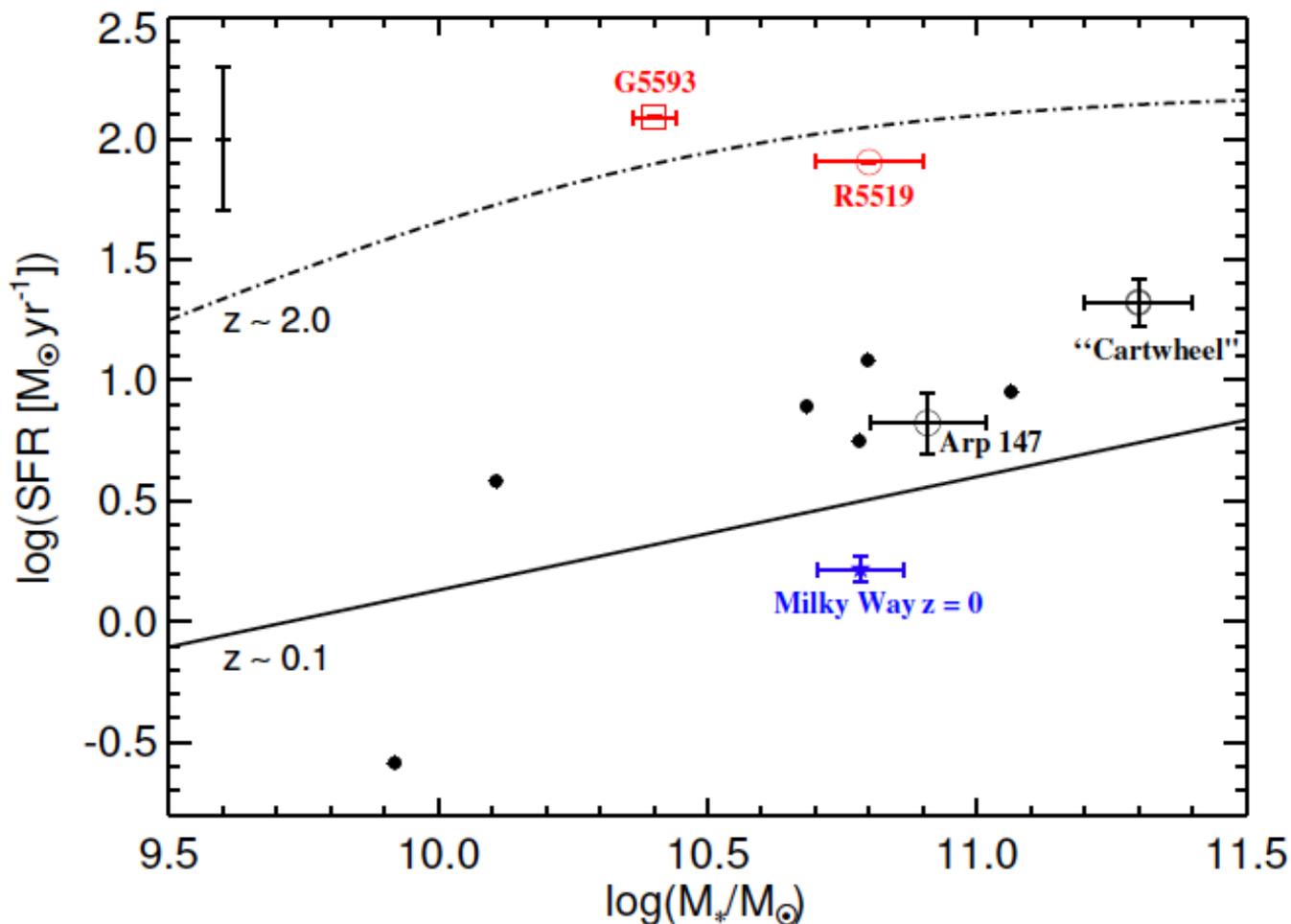
**Кольцо:**  $SFR (IR+UV) = 80$  M/yr,  $\log(M^*) = 10.4$ ,  $12 + \log(O/H) = 8.6-8.8$  (по  $Ha/[NII]$ )  
 Радиус кольца – 5 кпк (маловато относительно известных CRG, при большом  $R(disk)$ , протяженная диффузная морфологии и высокой металличности  
 $\Rightarrow$  возможно, это уже второе кольцо, а первое – “рассосалось”  
 Диффузный фон – от предыдущих слияний – EAGLE simulations?

**Возмутитель:**  $SFR = 123$ ,  $M^* = 10.4$  двойное ядро, приливная морфология



Размер галактики –  
вблизи верхнего предела  
распределения на этом  $z$

В то время, как локальные CRG выделяются по SF от изолированных галактик и лежат ВЫШЕ MS, на  $z \sim 2$  кольцо соответствуют окружающим галактикам



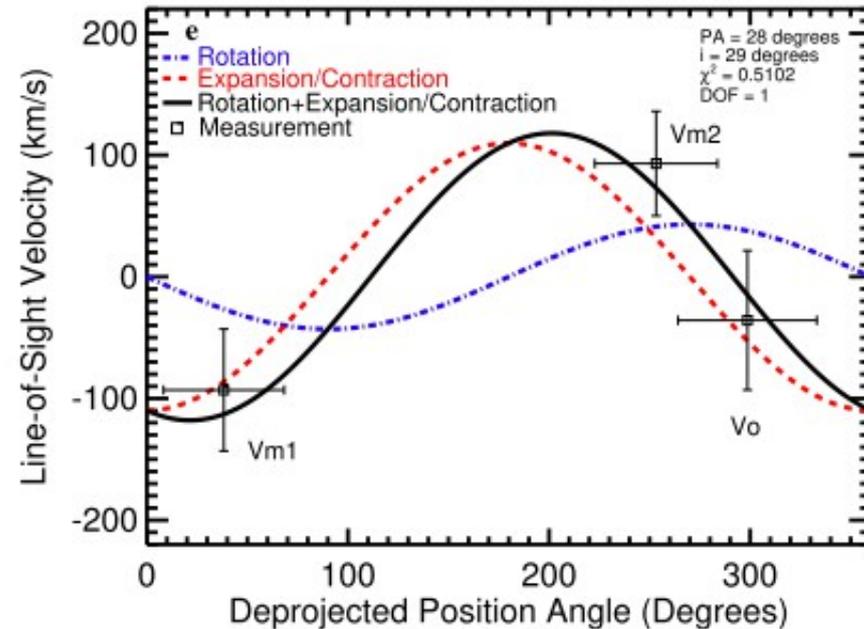
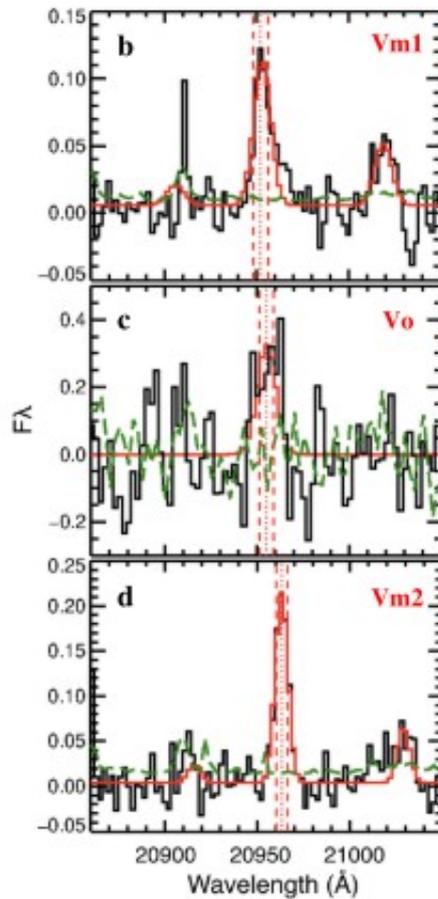
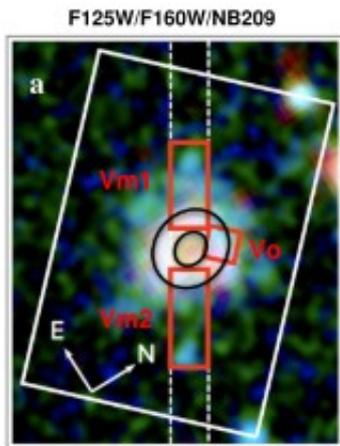
Supplementary Figure 11 – The location of R5519 on the  $M_*$ -SFR “main-sequence” relation. The best estimates of  $M_*$  a

$V(\text{rot})=90\pm 75$  km/s    но скорости расширения, якобы в 2.5 раза выше:  
 $V_{\text{rad}}=226\pm 90$  km/s

А это потому, что удачно зафиксировали  $PA=28$ ,  $i=29$  и провели две синусоиды по трём точкам (Keck/MOSFIRE – slit, Keck/OSIRIS – IFU+AO)

$$V_{\text{LOS},\psi} = (V_{\text{sys}} + (V_{\text{rad}} \cos(\psi) - V_{\text{rot}} \sin(\psi))) \sin(i), \quad (1)$$

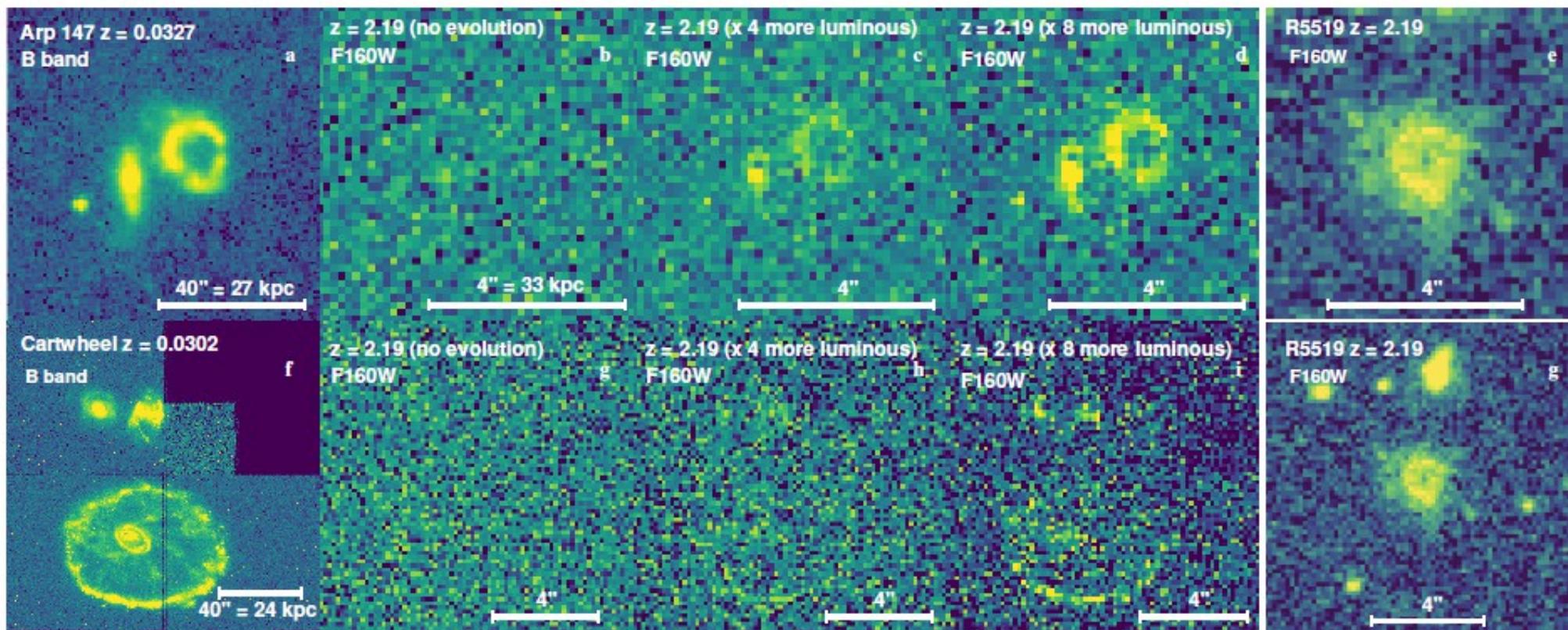
$$\tan(\psi) = \tan(\psi_0) \cos(i); \quad i \neq 90^\circ. \quad (2)$$



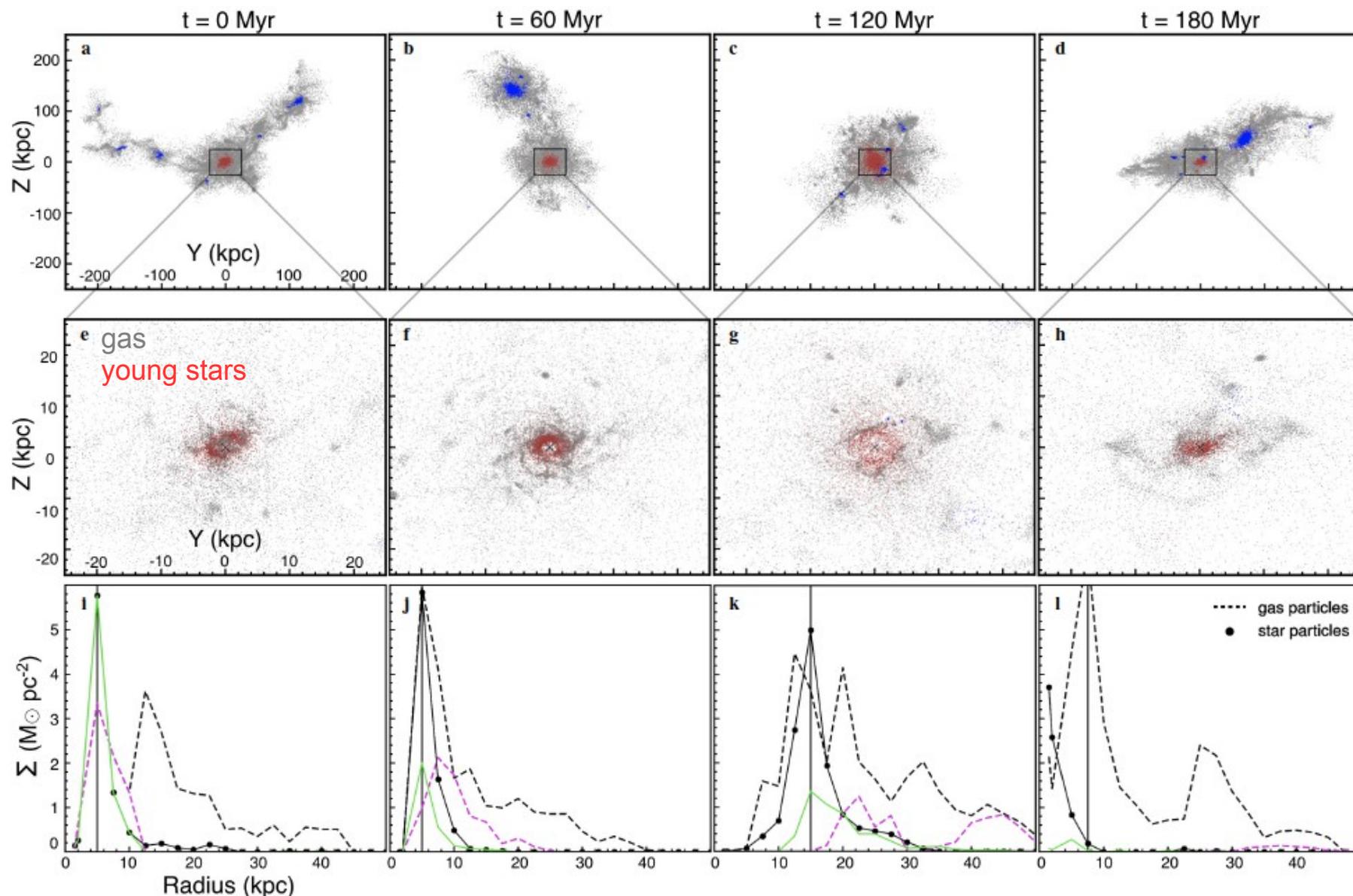
В качестве заключения, спекулируют, что и по наблюдениям, и по симуляциям EAGLE объемная плотность CRG на  $z=2$  – такая же маленькая, что и на  $z\sim 0$  (0.01%). Что противоречит предыдущим оценкам (рост на 1-2 порядка):

*We speculate that a combined effect of a rising merger rate, a decreased fraction of large spiral disks, and the lack of local-like galaxy groups at high red-shift could cause the slow CRG number density change in the past 11 Gyr*

**Моё впечатление:** сложно такую мелочь наблюдать с Земли, особенно спекулятивны оценки  $V_{rad} \gg V_{cir}$  (противоречит имеющимся данным по  $z\sim 0$ )  
Надо ждать JWST. Но дополнительные материалы интересны. Вид известных объектов на таких  $z$  – “как есть” и с эволюцией светимости

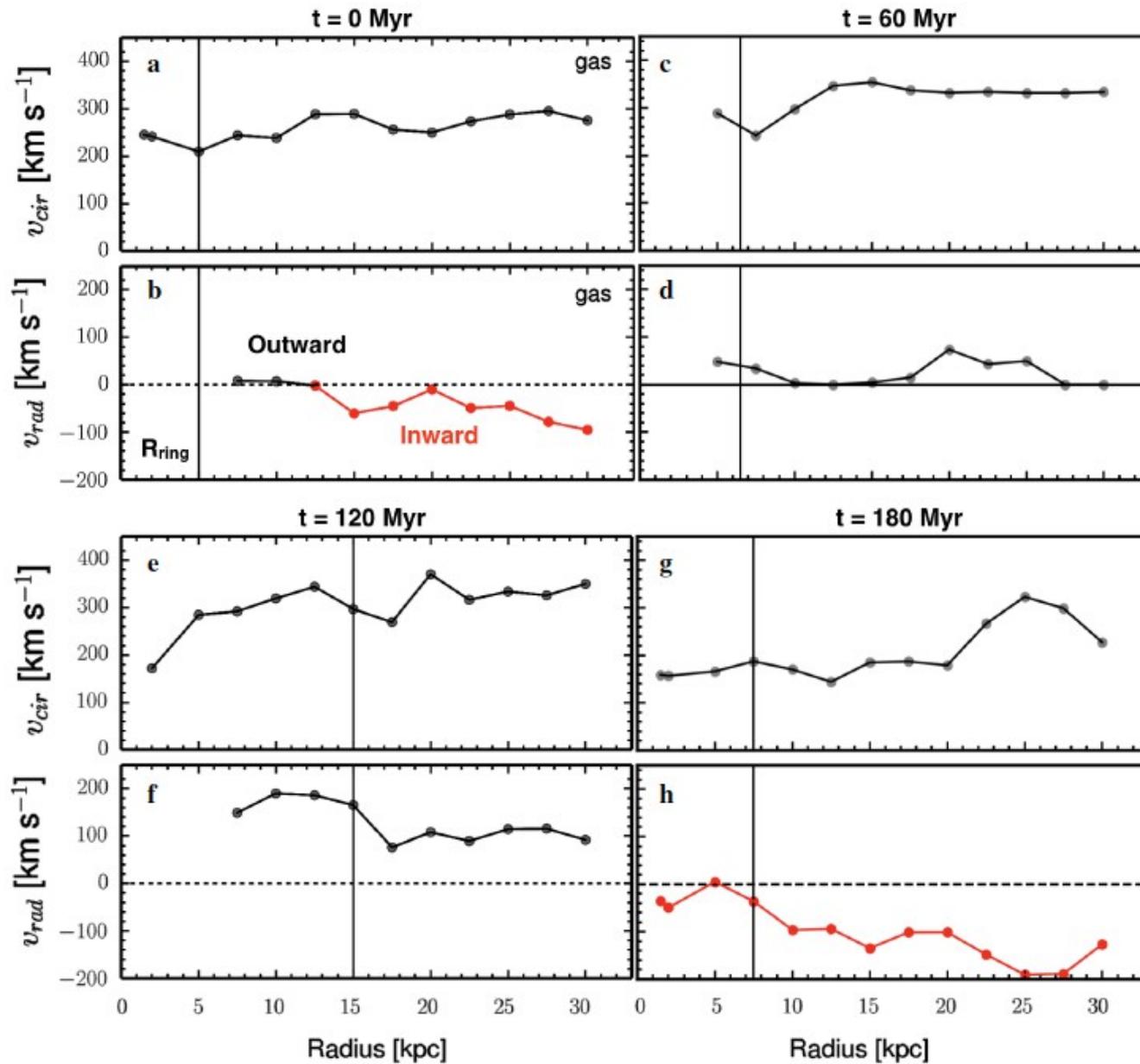


Supplementary data: EAGLE simulations, кольцо – реальная волна (формируется новыми точками): но диссипирует с очередным мержингом



Supplementary Figure 15 – The time evolution of a CRG at  $z = 2.23$  from the EAGLE cosmological hydrodynamical simulations<sup>47</sup>. The four columns from left to right denote four time “snipshots”<sup>46</sup> with respect to an arbitrarily defined ring formation time ( $t = 0$  Myr). “Snipshots” are defined in the EAGLE simulations as having finer time resolution than snapshots. a-d, A  $500 \times 500$  kpc view, through the simulation  $Z$ - $Y$  axes, of the large scale environment in 2D centred on the ring host; red-brown = host galaxy stars, blue = satellite halo stars, and grey=gas particles. e-h, A  $50 \times 50$  kpc zoom-in view of the ring host in 2D, red-brown = young stars with ages < 100 Myr, and grey=gas. i-l, The surface

А в симуляциях-то  $v_{rad} < v_{cir}$  !!



Supplementary Figure 16 – The circular and radial velocity of the gas particles in the  $z = 2.23$  EAGLE CRG. a-h, We show four tin “snipshots” with respect to an arbitrarily defined ring formation time ( $t = 0$  Myr). For each time “snipshot”, the circular and radial velocity a  
 Семинар VOLGA 08/06/2020, Моисеев

# Detection of the diffuse HI emission in the Circumgalactic Medium of NGC 891 and NGC 4565

SANSKRITI DAS,<sup>1</sup> AMY SARDONE,<sup>1,2</sup> ADAM K. LEROY,<sup>1,2</sup> SMITA MATHUR,<sup>1,2</sup> MOLLY GALLAGHER,<sup>3</sup> NICKOLAS M. PINGEL,<sup>4</sup>  
D. J. PISANO,<sup>5,6,7</sup> AND GEORGE HEALD<sup>8</sup>

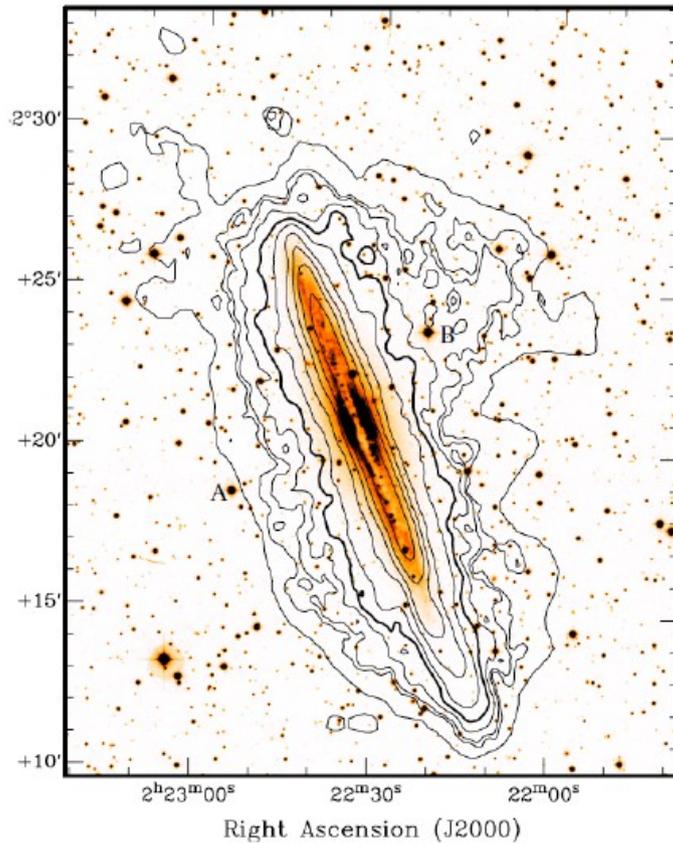
arXiv: 2005.13684  
ApJ, accepted

В прошлом году обсуждали вот это:

## HST/COS Observations of the Warm Ionized Gaseous Halo of NGC 891

ZHIJIE QU, JOEL N. BREGMAN, EDMUND J. HODGES-KLUCK

Department of Astronomy, University of Michigan, Ann Arbor, MI 48104, USA ArXiv:1904.04716

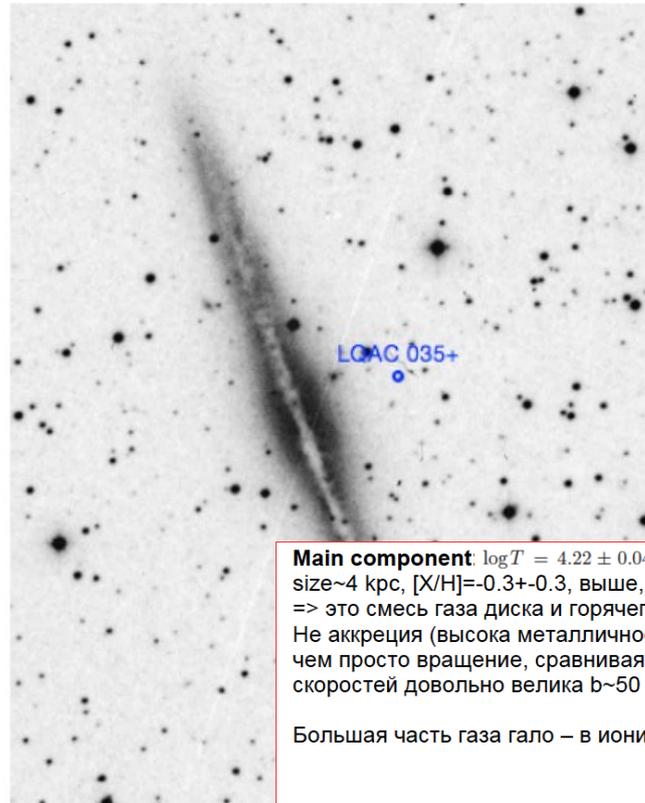


HI: Oosterloo, Fraternali & Sancisi 07

Семинар VOLGA 15/04/2019, Моисеев

Семинар VOLGA 08/06/2020, Моисеев

LQAC 035+042 003 - 5 kpc above the disk



**Main component:**  $\log T = 4.22 \pm 0.04$ ,  $\log n_{\text{H}} = -1.26 \pm 0.51$ ,  $\log N_{\text{H}} = 20.81 \pm 0.20$ .

size~4 кpc,  $[X/H]=-0.3 \pm 0.3$ , выше, чем по Xray:  $[Fe/H]$ ,  $[O/H]=-0.85$

=> это смесь газа диска и горячего гало

Не аккреция (высока металличность), авторы склоняются: что это скорее outflow, чем просто вращение, сравнивая с HI (скорости не идеально совпадают, дисперсия скоростей довольно велика b~50 km/s)

Большая часть газа гало – в ионизованной фазе:  $N(\text{HI}+\text{HII})/N(\text{HI})=5-10$

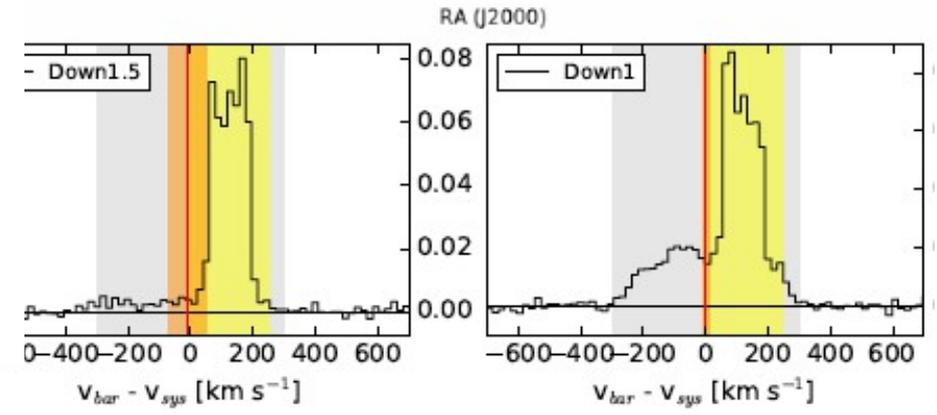
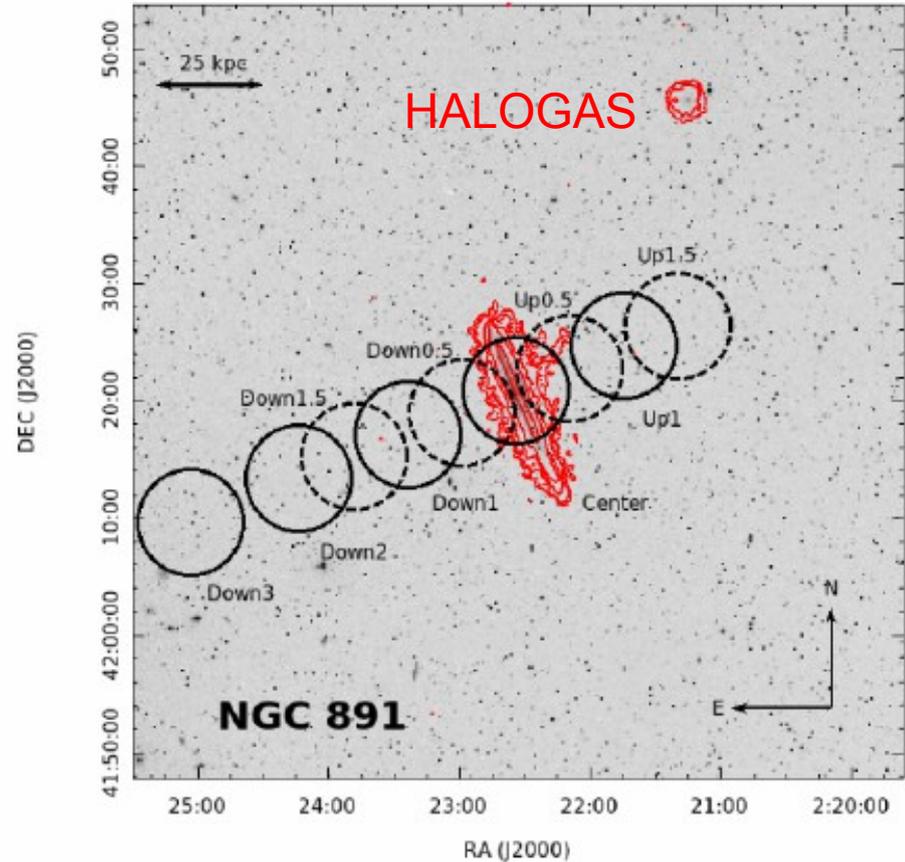
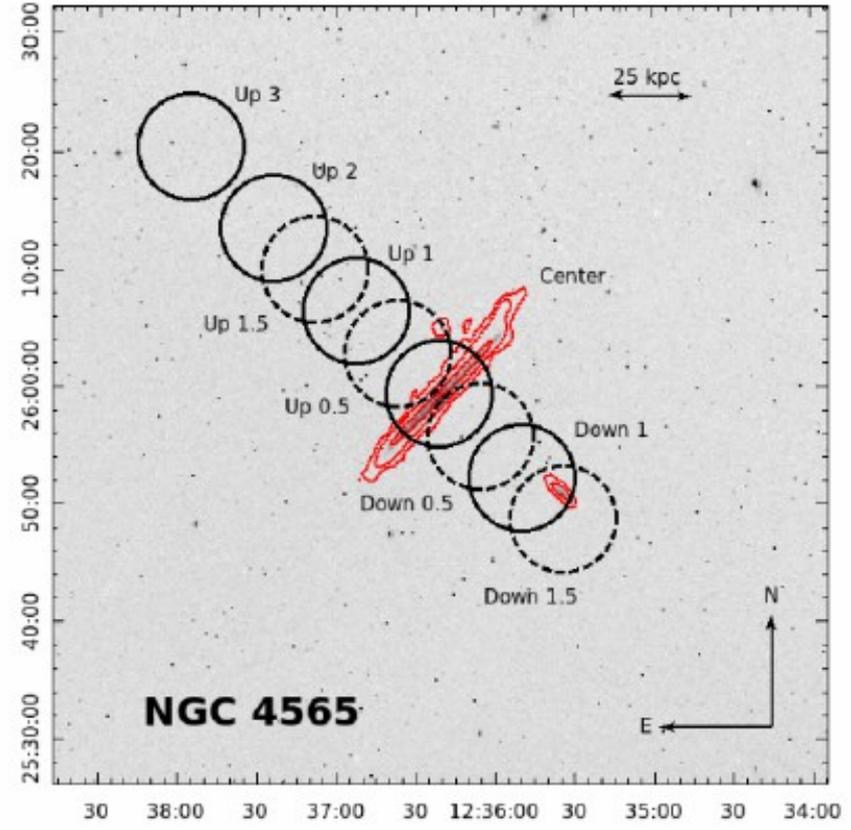
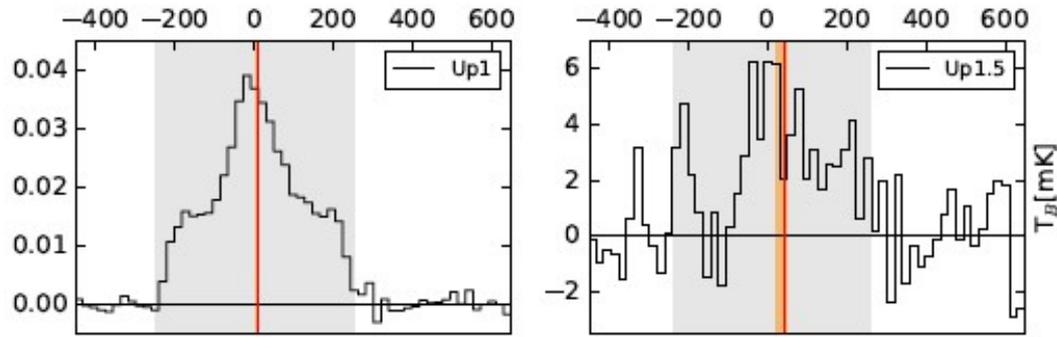
**High Velocity Cloud:**  $\log N_{\text{H}} = 19.71 \pm 0.36$ ,  $\log n_{\text{H}} = -3.0 \pm 0.3$

$[X/H]=-1.5$  (C, Si, Fe) => холодная аккреция (спутник?)

L~5.5 кpc, Log M ~5.0

21 cm, GBT beam 9.1' → 24-32 kpc, observations 2015-16,  $T_{\text{exp}}=0.1-4.7$  h

Здесь нет проблемы "малой базы" интерферометров, а есть высокая чувствительность на больших масштабах, в то время, как WSRT уже "не видит" структуры  $>20$  arcmin



**Table 1.** Details of observations and the measurements

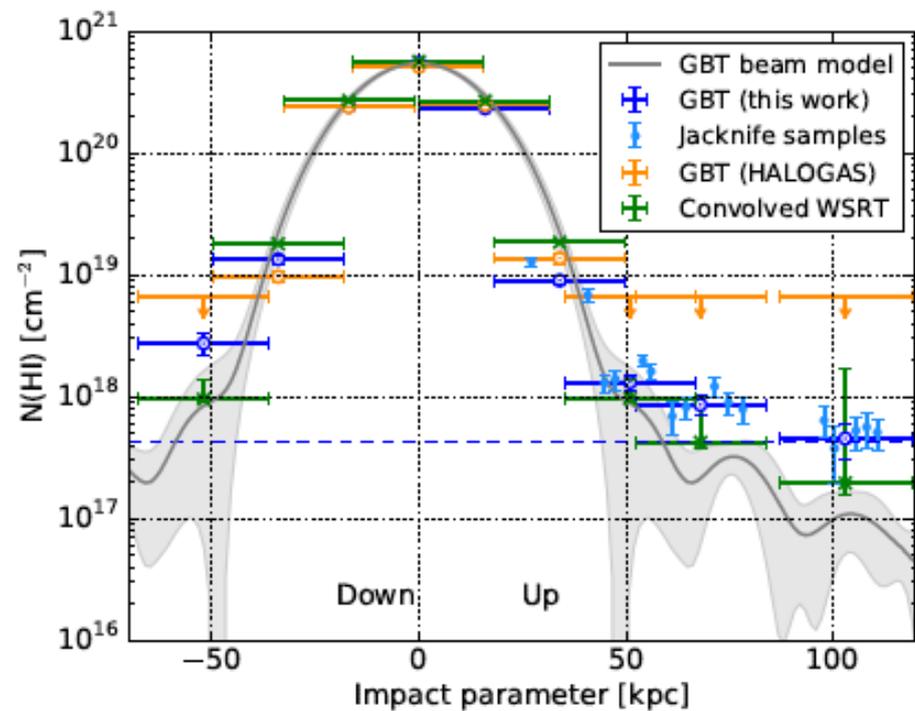
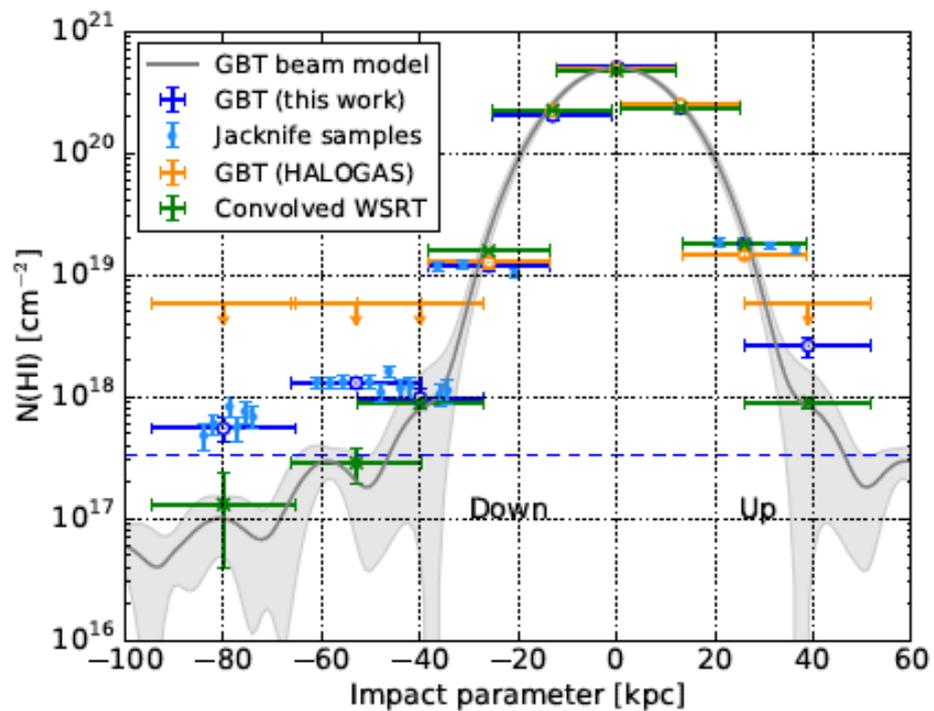
Pointing <sup>(a)</sup>	RA	Dec	$t_{exp}$ <sup>(b)</sup>	$\sigma_{T_B}$	$d_{\perp}$	$\log_{10}N(\text{HI})_{GBT}$ <sup>(c)</sup>	Mass <sup>(d)</sup>	$v_{avg}$	$\log_{10}N(\text{HI})_{WSRT}$ <sup>(e)</sup>
	(J2000)	(J2000)	(hrs)	(mK)	(kpc)	( $\text{cm}^{-2}$ )	( $M_{\odot}$ )	( $\text{km s}^{-1}$ )	( $\text{cm}^{-2}$ )
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
<b>NGC 891</b>									
$M(\text{HI})_{disk} = 4.1 \times 10^9 M_{\odot}$ , $\text{SFR} = 3.92 \pm 1.75 M_{\odot} \text{yr}^{-1}$ , $s\text{SFR} = 1.3 \times 10^{-9} \text{yr}^{-1}$ , $\Sigma_{SFR} = 6.5 \times 10^{-3} M_{\odot} \text{yr}^{-1} \text{kpc}^{-2}$									
center	2 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 33.6 <sup>s</sup>	42°20'58''	0.10	7.8	0	20.701±0.001	3.0±0.6×10 <sup>9</sup>	1.1±0.1	20.672±0.008
up 0.5	2 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 08.4 <sup>s</sup>	42°22'44''	0.33	3.3	13	20.370±0.001	1.4±0.3×10 <sup>9</sup>	4.1±0.1	20.393±0.009
down 0.5	2 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 58.4 <sup>s</sup>	42°19'00''	0.33	2.2	13	20.306±0.001	1.2±0.2×10 <sup>9</sup>	1.1±0.1	20.344±0.009
up 1	2 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 43.5 <sup>s</sup>	42°24'42''	0.50	1.5	26	19.254±0.005 <sup>+0.019</sup> <sub>-0.045</sub>	1.1±0.2×10 <sup>8</sup>	7.2±0.5	19.250±0.014
down 1	2 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 23.6 <sup>s</sup>	42°17'07''	0.50	1.3	26	19.074±0.008 <sup>+0.004</sup> <sub>-0.062</sub>	7.1±1.4×10 <sup>7</sup>	4.1±0.7	19.195±0.014
up 1.5	2 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 18.7 <sup>s</sup>	42°26'26''	0.33	1.8	39	18.397±0.047	1.5±0.4×10 <sup>7</sup>	28.0±5.0	17.952±0.064
						18.419±0.047†	1.6±0.4×10 <sup>7</sup>	40.2±6.0	
down 1.5	2 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 48.4 <sup>s</sup>	42°15'14''	2.26	0.7	40	17.930±0.052 <sup>+0.111</sup> <sub>-0.139</sub>	4.9±1.3×10 <sup>6</sup>	23.4±6.3	17.944±0.064
						17.989±0.049†	5.9±1.4×10 <sup>6</sup>	50.4±6.9	
down 2	2 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 14.0 <sup>s</sup>	42°13'21''	3.57	0.6	53	18.055±0.025 <sup>+0.106</sup> <sub>-0.068</sub>	6.7±1.5×10 <sup>6</sup>	32.7±4.6	17.458±0.195
						18.114±0.024†	7.8±1.6×10 <sup>6</sup>	63.8±4.2	
down 3	2 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 04.0 <sup>s</sup>	42°09'36''	3.57	0.4	80	17.656±0.062 <sup>+0.221</sup> <sub>-0.054</sub>	2.6±0.8×10 <sup>6</sup>	-7.6±7.7	17.117±0.427
						17.741±0.055†	3.3±0.8×10 <sup>6</sup>	41.4±8.0	
Along the minor axis: $M(\text{HI})_{d,CGM} = 5.9 \pm 0.5^{+0.6}_{-1.0} \times 10^7 M_{\odot}$ , Extrapolated to whole CGM: $M(\text{HI})_{d,CGM} = 2.2 \pm 0.1 \pm 0.4 \times 10^8 M_{\odot}$									

**NGC 4565**

Есть сигнал почти во всех наведениях!

In the final spectra, we see clear detections of HI emission in most of the pointings (Figure 1 & 2). The velocity width of these emission profiles resembles that of the disk of the galaxies, as seen from the central pointings (Figure 1 & 2, gray area). We integrate each spectrum from -250 to 250  $\text{km s}^{-1}$  for NGC 891 and -300 to 300  $\text{km s}^{-1}$  for NGC 4565 to obtain the intensity in units of  $\text{K km s}^{-1}$ . Because the emission is 500–600  $\text{km s}^{-1}$

of impact parameter in Figure 3 (blue points). Beyond 40–50 kpc, we detect HI at 5–18 $\sigma$  significance, where  $\sigma$  is the statistical uncertainty. After including the uncertainty in flux calibration (see §2), the significance reduces to 5–13 $\sigma$ . The spread among the jackknife sam-



Долго и подробно маснировали и глаживали кубы WSRT до разрешения GBT. Итог – заметный избыток потоков GBT single-dish над интерферометрическими, т.е. есть диффузное рассеянное гало до 100 кпк по мало оси

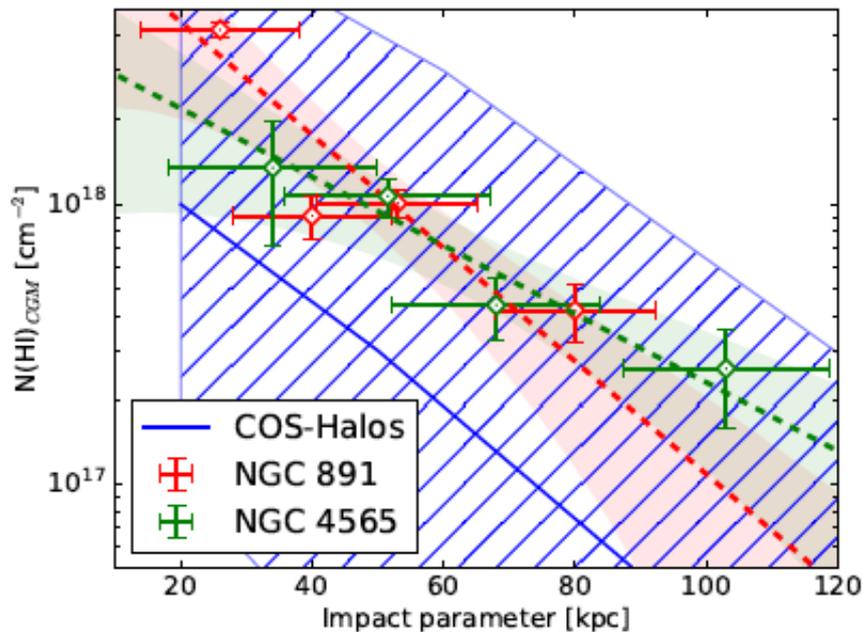


Figure 5. The profile of diffuse, extended HI column density derived by subtracting the convolved WSRT integrated intensity from the GBT integrated intensity, and then averaging the two sides of the disk. The hatched area is the range of  $N(\text{HI})$  measured in the COS-Halos sample of star-forming galaxies (Prochaska et al. 2017). COS-Halos does not include absorption measurements with impact parameters  $< 20$  kpc. The areas shaded in red and green correspond to our best-fit profiles with scale lengths of  $22 \pm 7$  kpc (NGC 891) and  $36 \pm 8$  kpc (NGC 4565).

- The diffuse extended HI detected along the minor axes are  $1.4 \pm 0.3\%$  and  $0.5 \pm 0.1\%$  of the total HI mass for NGC 891 and NGC 4565, including their disks. If we extrapolate these assuming azimuthal symmetry, these escalate to  $5.2 \pm 0.9\%$  and  $2.0 \pm 0.8\%$ , respectively.

Усредненные профили гало (GBT-WSRT), сравнительно с оценками по поглощению в УФ  
 Эксп-шкалы гало:  $22 \pm 7$  и  $36 \pm 8$  кпк

Интересно, что по HALOGAS N891 - есть газовое гало (до 15 кпк), а у N4656 – нет.

Линии диффузного HI – широкие и вблизи  $V_{\text{sys}}$  (это не карликовые спутники и не приливные структуры)

Т.е. похоже на квазиравновесное гало

Возможно есть эффекты inflow/outflow в слабом смещении скоростей, но не велики

COS показывает, что металличность гало N891:  $0.5 Z_{\odot}$  (5 кпс) –  $0.1$  (108 кпс), т.е. обогащение локально вблизи диска

Оценка полной массы гало: 5 и 2% всего HI

- The sign of the average velocities are consistent with an outflow or inflow in NGC 4565, and a combination of fountain, inflow and outflow in NGC 891. The absolute values of the average velocities are much smaller than the velocity width, indicating the presence of a quasi-static medium permeating the halo.