

# Flat Rotation Curves of $z \sim 1$ Star-Forming Galaxies and Evidence of Disk-Scale Length Evolution

Gauri Sharma,<sup>1,2,3,5\*</sup> Paolo Salucci,<sup>1,2,3</sup> C. M. Harrison,<sup>4</sup> Glenn van de Ven,<sup>5</sup> Andrea Lapi<sup>1,3</sup>

arXiv:2005.00279  
MNRAS ??

Меняется ли форма кривой вращения от  $z$  (Genzel+17: спадают на  $z \sim 2$ ?)

Проблемы при работе с ИК данными обобщоров с KMOS на  $z \sim 1$

нет АО, поэтому разрешение 0.5-1" (8 крс) при размере галактик 2-3"

**Beam smearing** (пришло из радионаблюдений на 21 см):

- уплощение градиентов

- уширение линий

=> 3D-BAROLO (Teodoro & Fraternali 2015): подгонка куба с учетом разрешения

Высокая турбулентность газа – надо выполнять коррекцию за давление (асимметричный дрейф)

=> **Asymmetric Drift Correction** (ADC) using the approach published in Weijmans+08

DATA: KMOS: 24 arms with **2.8x2.8"@0.2"/spaxel**

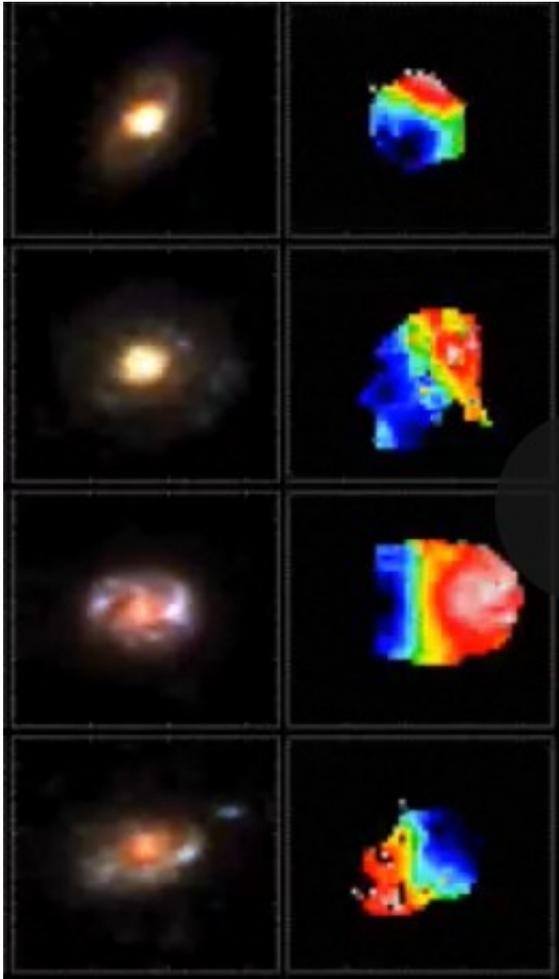
KMOS-Redshift One Spectroscopic Survey (KROSS) , Harrison et al 2017

Targets from: E-CDFS, COSMOS, UKIDSS, CF-HIZELS

409 out of 586 KROSS objects,  $\langle z \rangle = 0.85$ :

- $F(\text{H}\alpha) > 1.5e-17 \text{ erg/s/cm}^2$

- No evidence of AGN



## Datatypes and Data Products

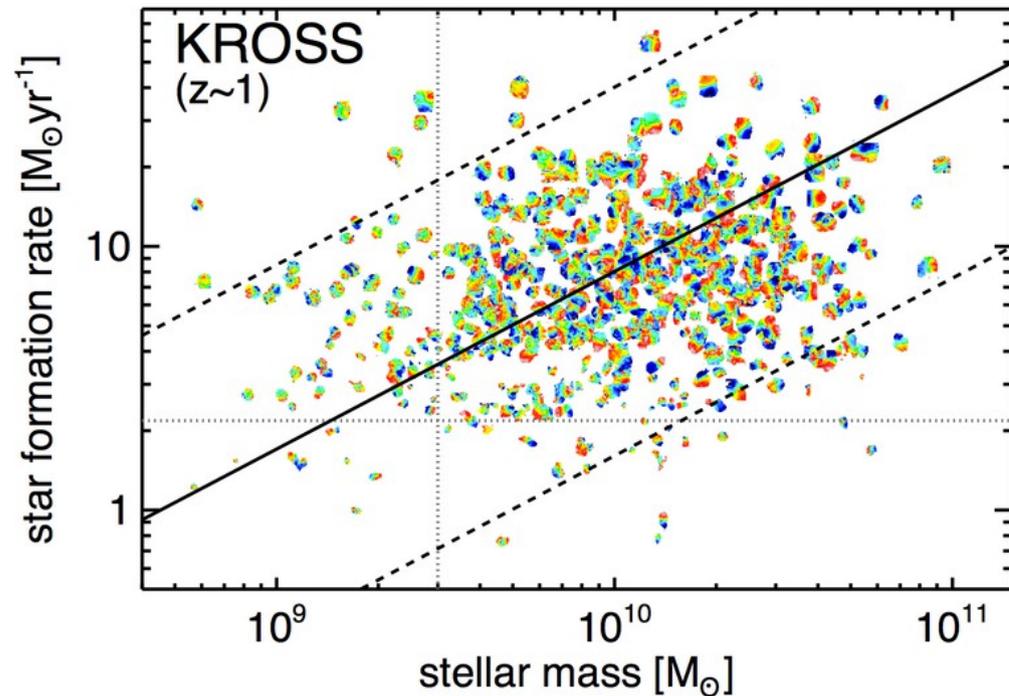
Datatypes and data products for the 586 H-alpha detected galaxies in the KROSS survey

- [Datatypes for all 586 galaxies \[1.2Gb\]](#) (posted: 24/04/2019)
- [H-alpha intensity maps \[2.7Mb\]](#)
- [H-alpha velocity maps \[1.0Mb\]](#)
- [H-alpha line-of-sight velocity dispersion \(sigma\) maps \[1.3Mb\]](#)

## Catalogs (Version 2)

Johnson et al. 2018 ([arXiv:1707.02302](#)) combined with Harrison et al. 2017 ([arXiv:1701.05561](#))

- [Version 2 \(fits table\)](#) (posted: 17/07/2017)

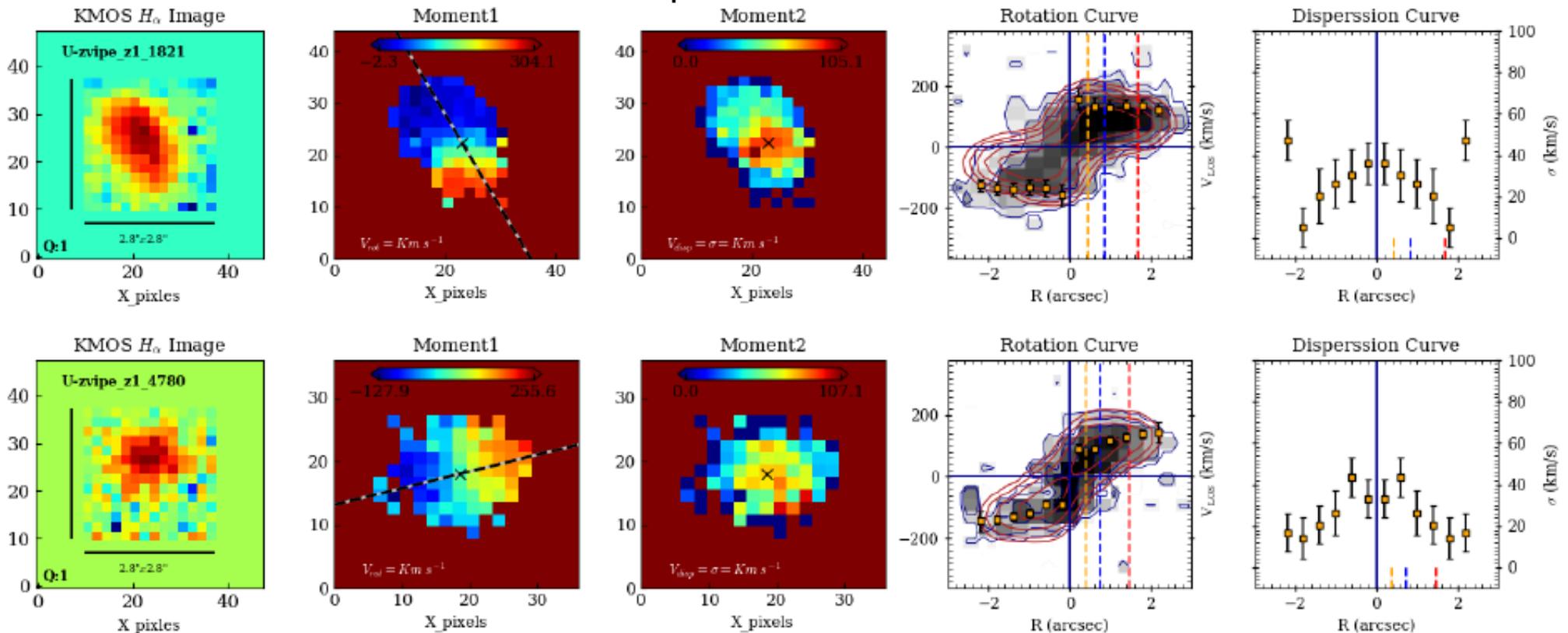


# 3D-BAROLLO

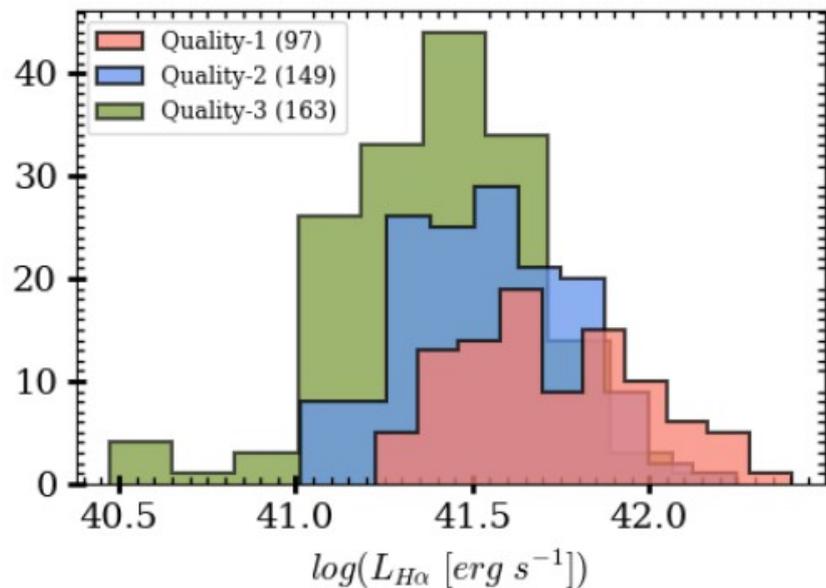
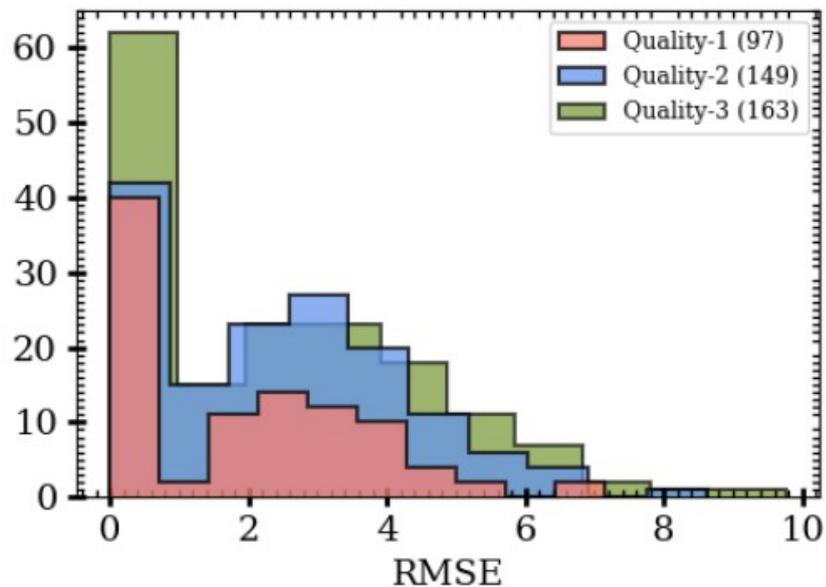
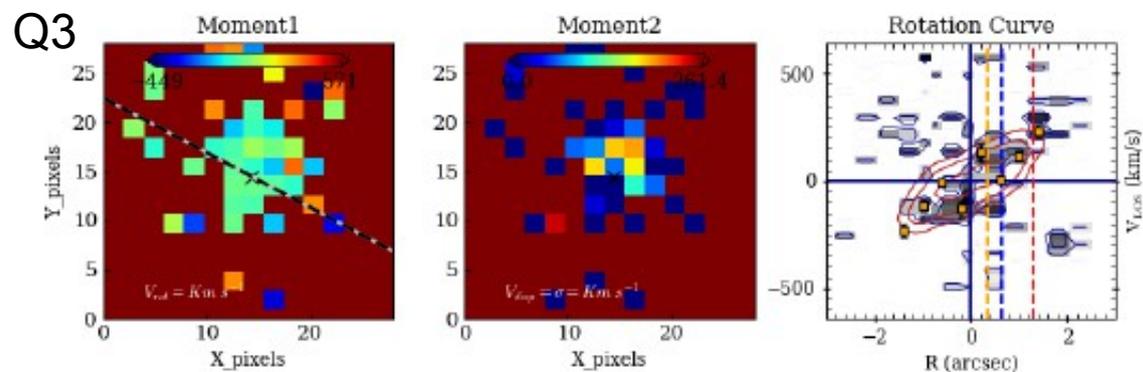
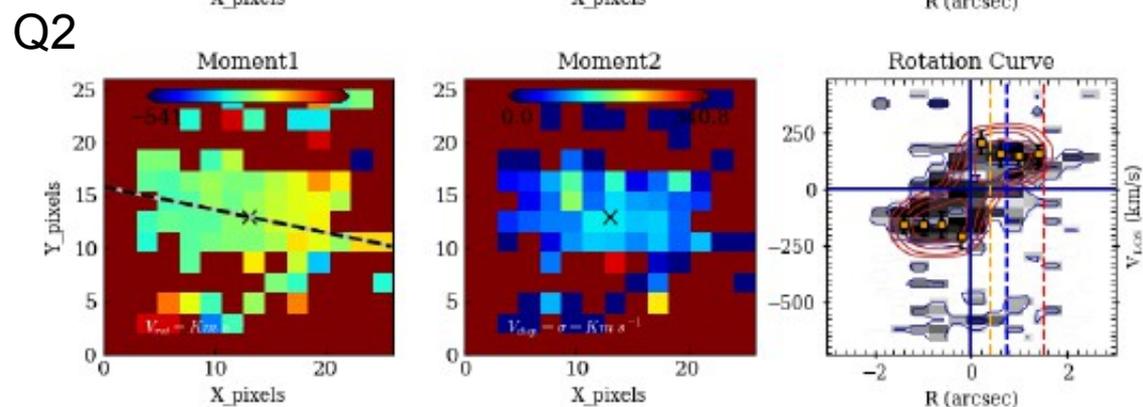
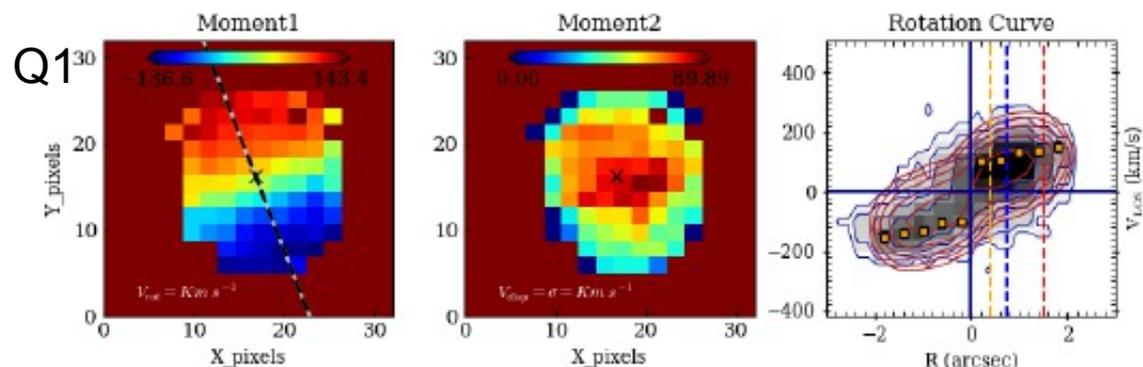
As we have mentioned earlier in the introduction, previous KMOS work with large samples looking at rotation curve shapes **did not do full 3D-modelling of the datacubes. Instead,** they extracted the one-dimensional velocity profiles ( $V(R)$ ) along the major kinematic axes of 2D velocity maps. Even the beam smearing corrections were applied with simple systematic corrections using the technique discussed in Johnson et al. (2018). In our work, we

- tilted-ring i.e. non-parametric:  $v(r)$ ,  $\sigma(r)$
- radial binning
- fixed:  $(x_c, y_c)$ , inclination (!)
- PA – usually PA(phot), but in some cases PA(kin)

Model maps:



# Data Quality: visual inspection



При анализе использовали Q1+Q2

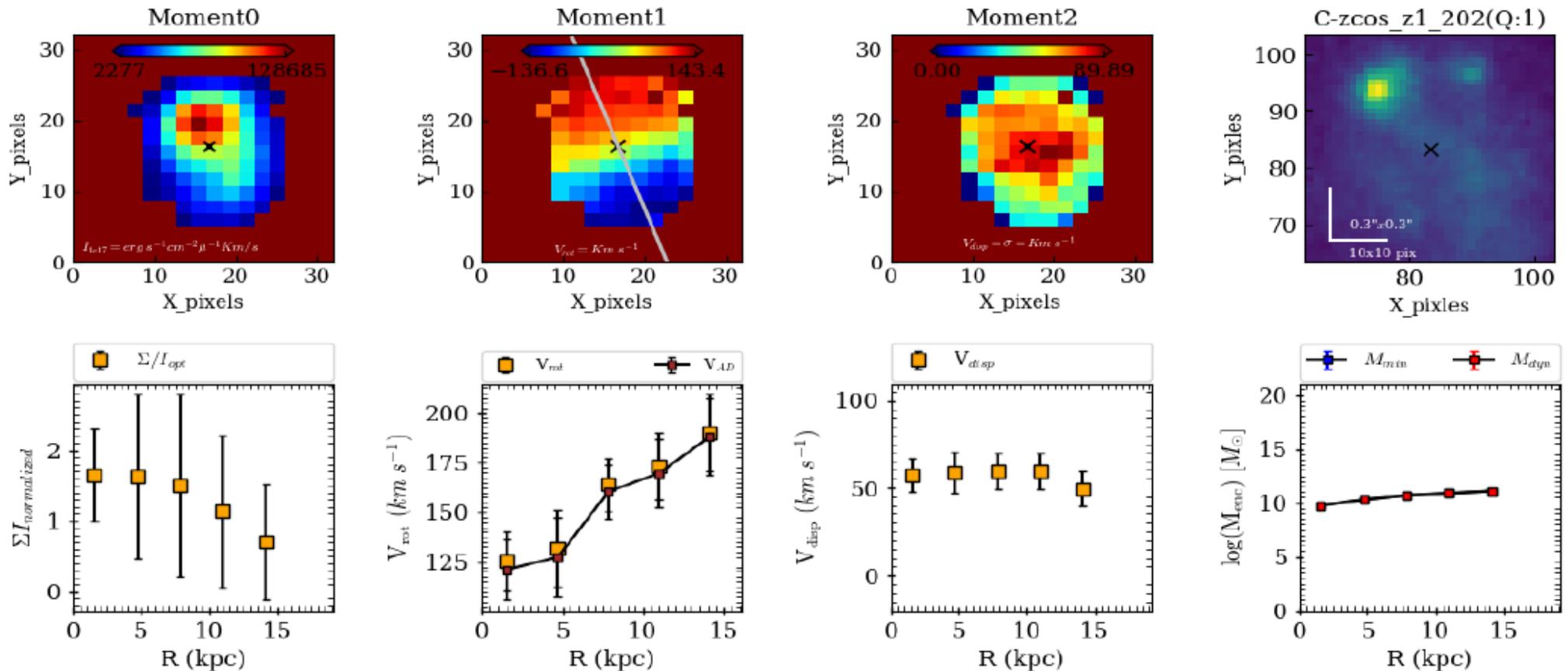
Семинар VOLGA 11/05/2020, Моисеев

# ADC

(2008). For spherical symmetric potential, under the assumptions of Weijmans et al. (2008) asymmetric drift corrected circular velocity ( $V_c^{ADC}$ ) can be defined as:

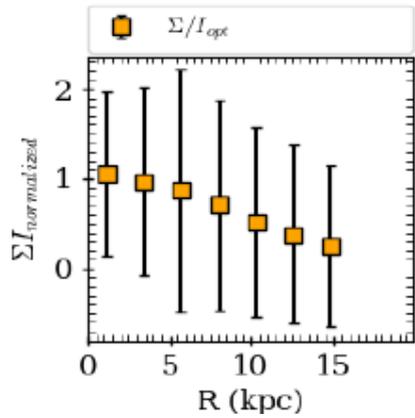
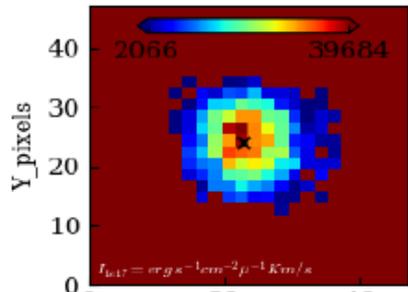
$$V_c^{ADC} = \sqrt{V_\phi^2 - \sigma_R^2 \left[ \frac{\partial \ln \Sigma}{\partial \ln R} + \frac{\partial \sigma_R^2}{\partial \ln R} + \frac{1}{2}(1 - \alpha_R) \right]} \quad km \ s^{-1} \quad (1)$$

where  $V_\phi$  is observed line-of-sight (LOS) velocity,  $\sigma_R$  is observed velocity dispersion,  $\Sigma$  is surface brightness profile, and  $\alpha_R = \frac{\partial \ln V_\phi}{\partial \ln R}$  is the slope of velocity profile. In Figure B1, B2 & B3, we have

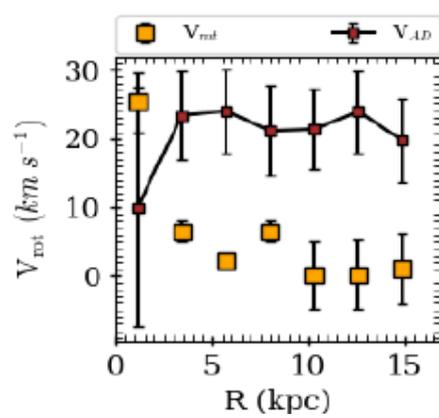
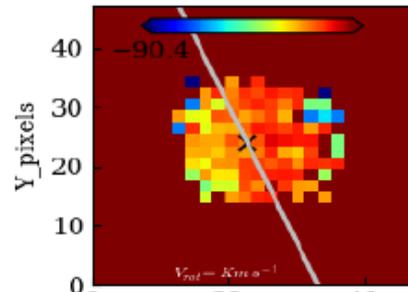


# Менее очевидные примеры:

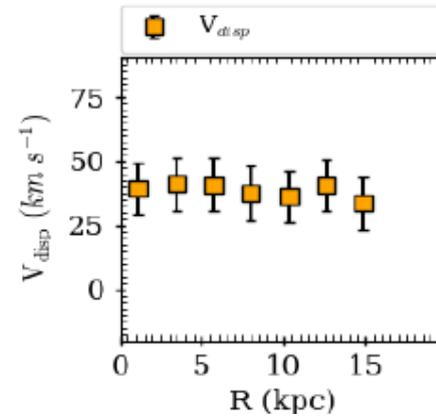
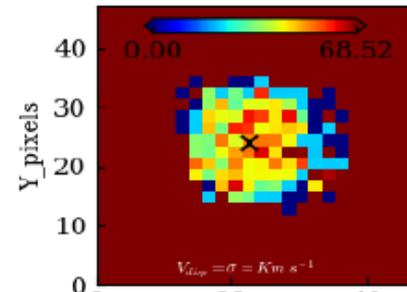
Moment0



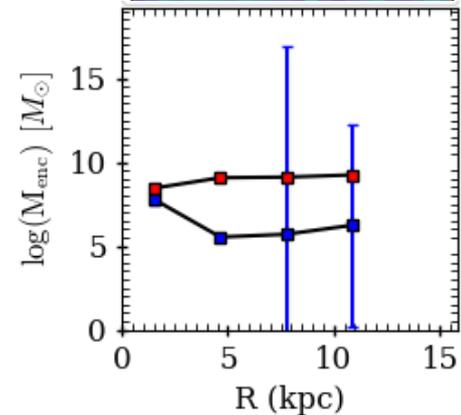
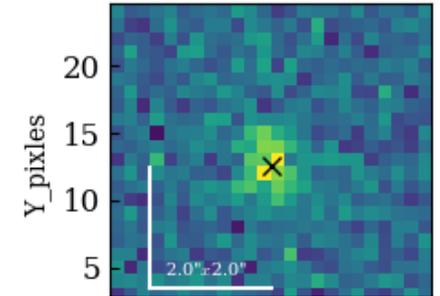
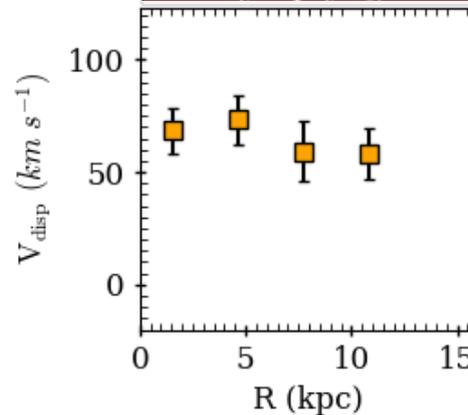
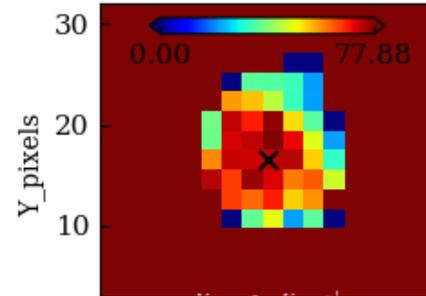
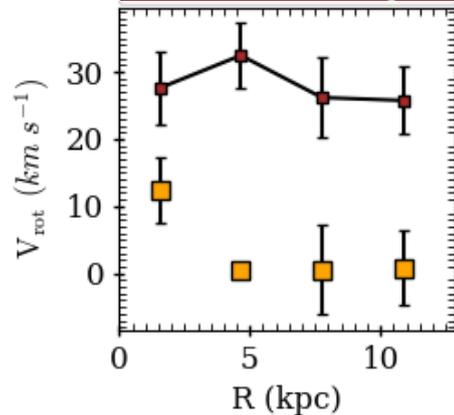
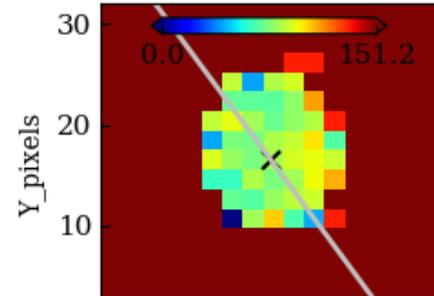
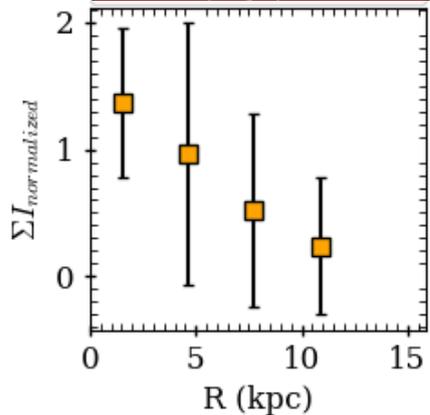
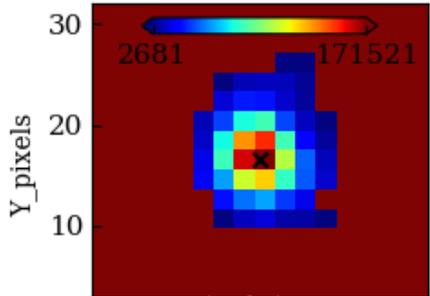
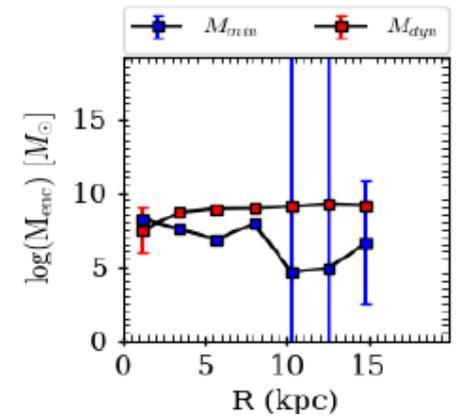
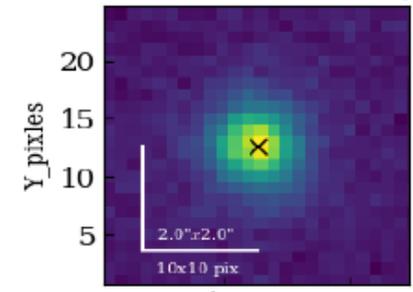
Moment1

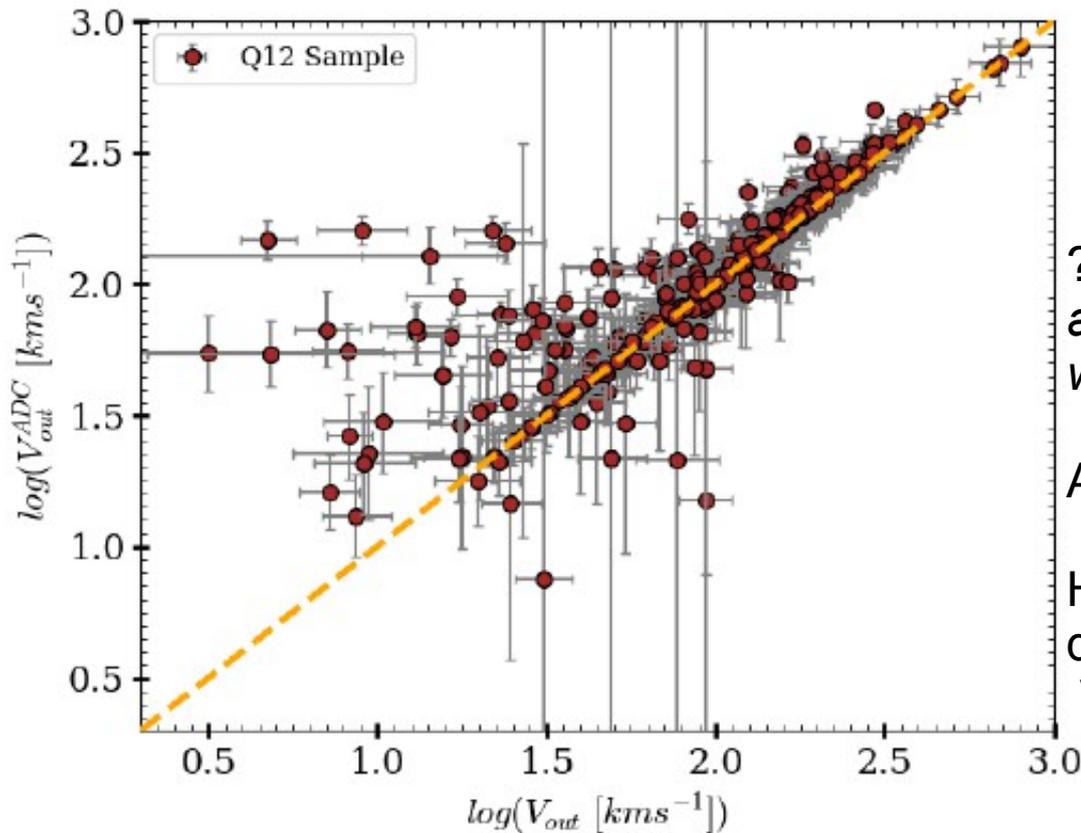


Moment2



S-CFHIZELS-SM14-83087(Q:0.5)





???without ADC some of the velocities are  $< 30 \text{ km/s}$  which is not physical ??

ADC – существенно для  $V_{out} < 100 \text{ км/с}$

На больших скоростях (rotation dominated) и так хорошая корреляция  $V_{out}$ -ADC

Figure 6. Shows a comparison of Asymmetric Drift corrected and uncor-

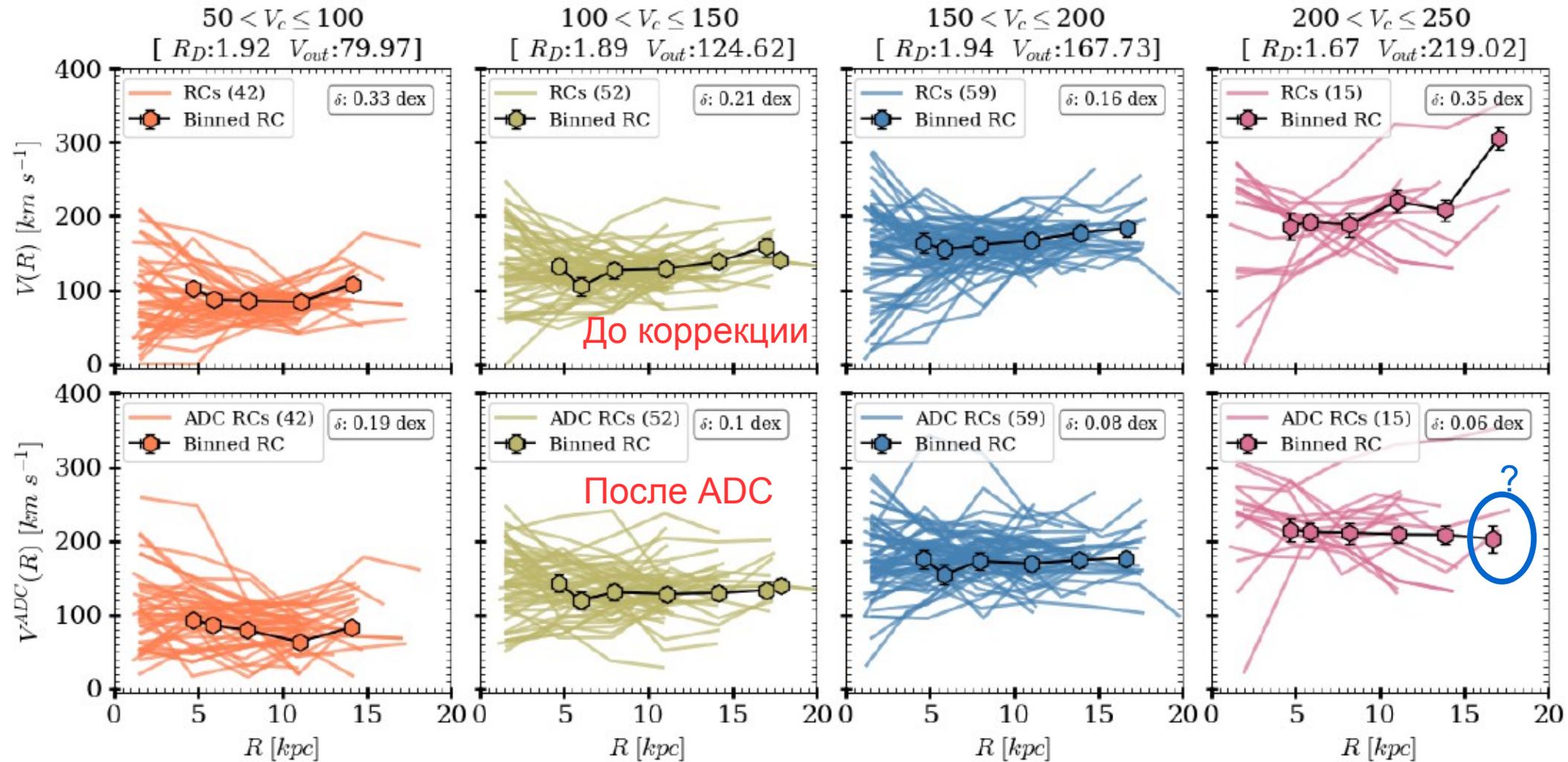
*beam smearing has increased the median rotation velocity by 10-12 km/s, whereas ADC has increased the median rotation velocity more than the 50% from its initial value*

**Но не сказано, для каких  $V_{out}$ !**

For an exponential thin disk, the rotation curve of stellar component of a galaxy follows surface density:  $\Sigma_D(R) = \frac{M_D}{2\pi R_D^2} \exp\left(\frac{-R}{R_D}\right)$  (Freeman 1970), where  $M_D$  is disk mass and  $R_D$  is disk radii. Un-

$$R_{out} = 6.4 R_D = 3.8 R_e$$

# Бины по 50 км/с по $V_{out}$

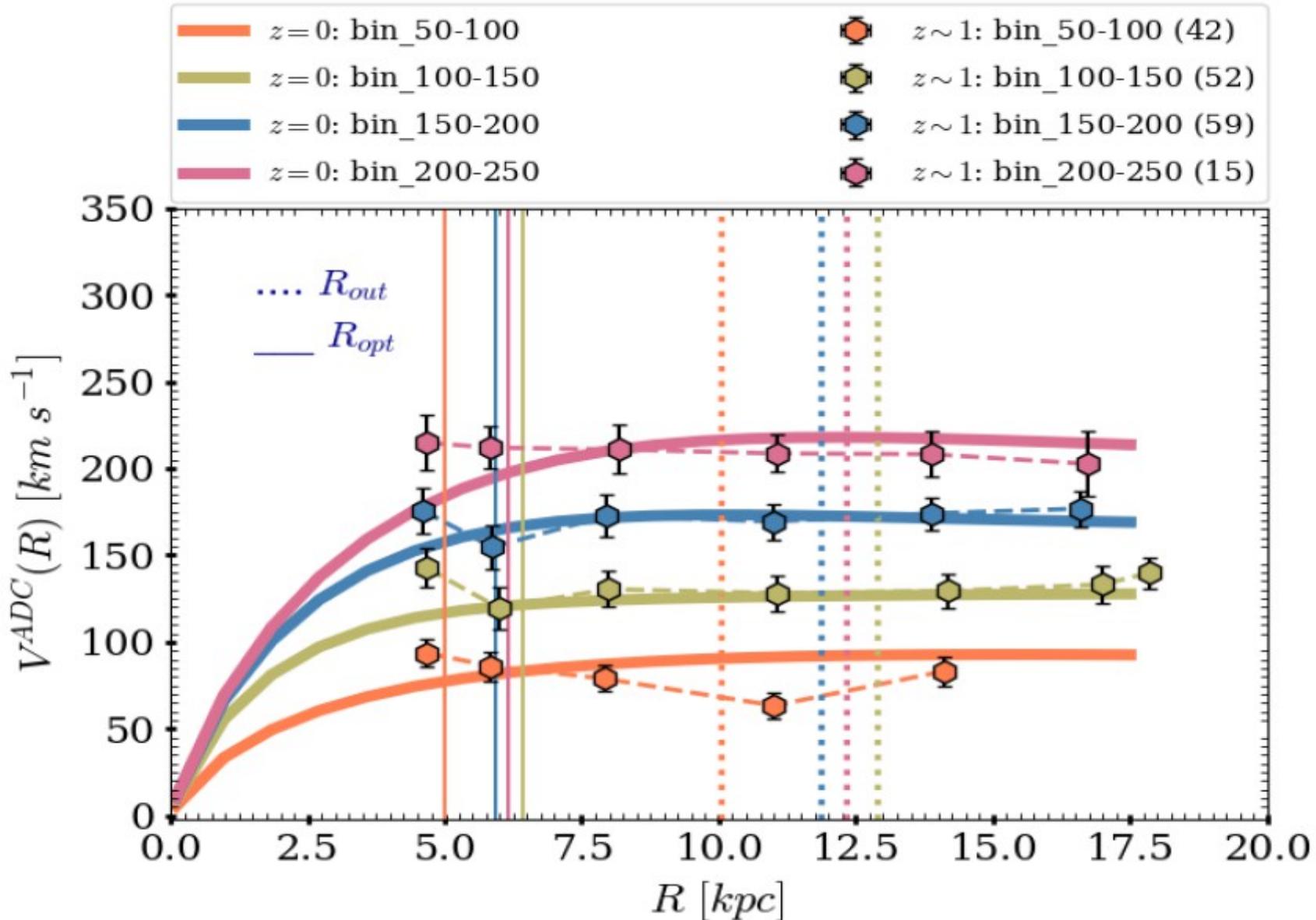


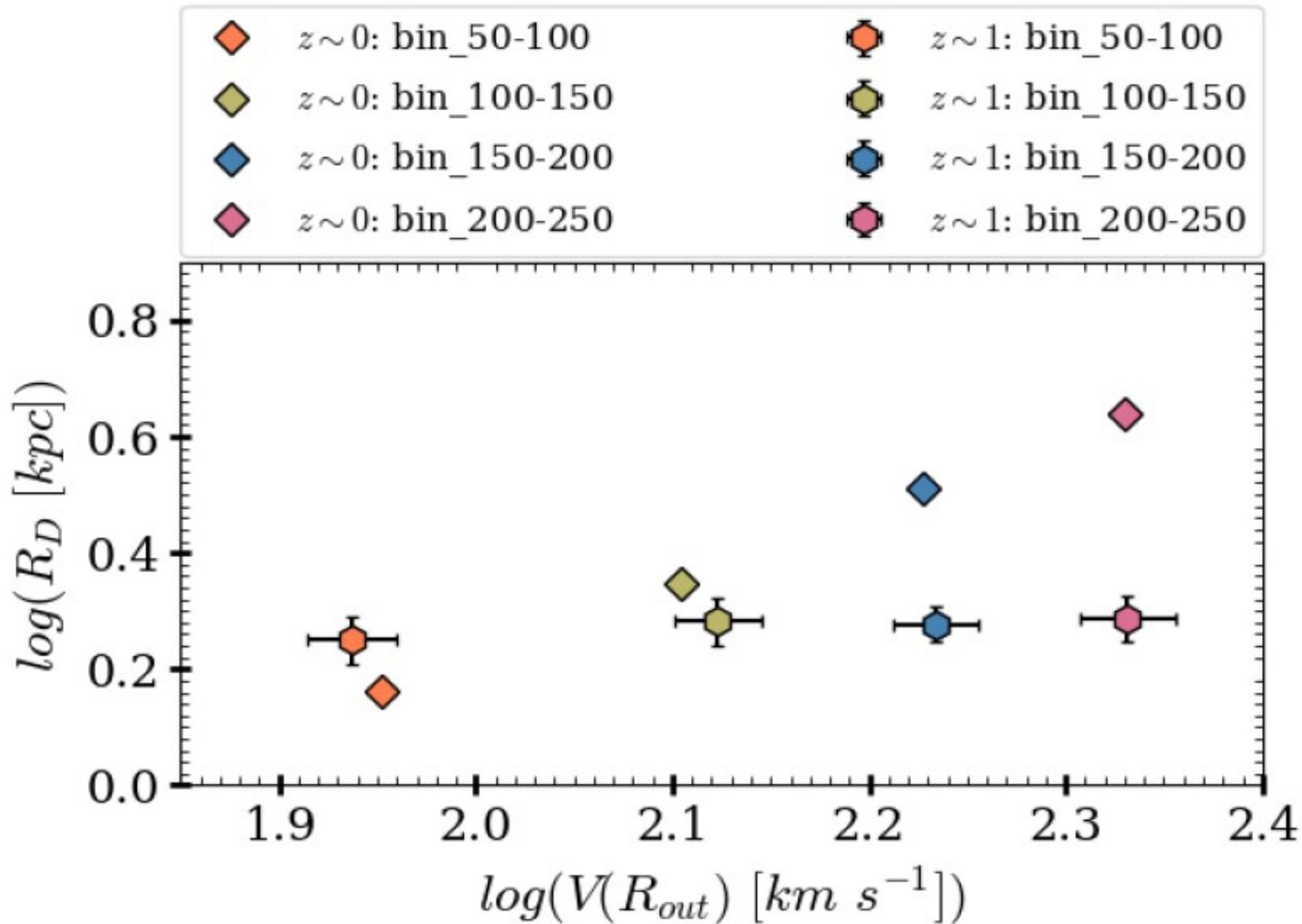
ADC and non-ADC RCs appeared the same, but statistical results (variance and standard deviation) of AD corrected RCs wins over non-ADC Rcs

Разброс RC от среднего уменьшается 1.5-2 раза

Universal Rotation Curves  
(URC: Persic+96; Salucci +07)

Один и тот же вклад DM для  $z=0$  и 1!  
*total mass is same in  $z\sim 1$  and  $z=0$  star-forming galaxies  
 and it does not evolve over past 10 Gyr*  
 !!!BUT:  $z=0.85-1 \rightarrow$  age  $\sim 7-8$  Gyr





Эволюция размера звездного диска при той же массе?  
 Более значима для массивных (быстро вращающихся систем)  
 Большая часть барионов – еще в форме газа?

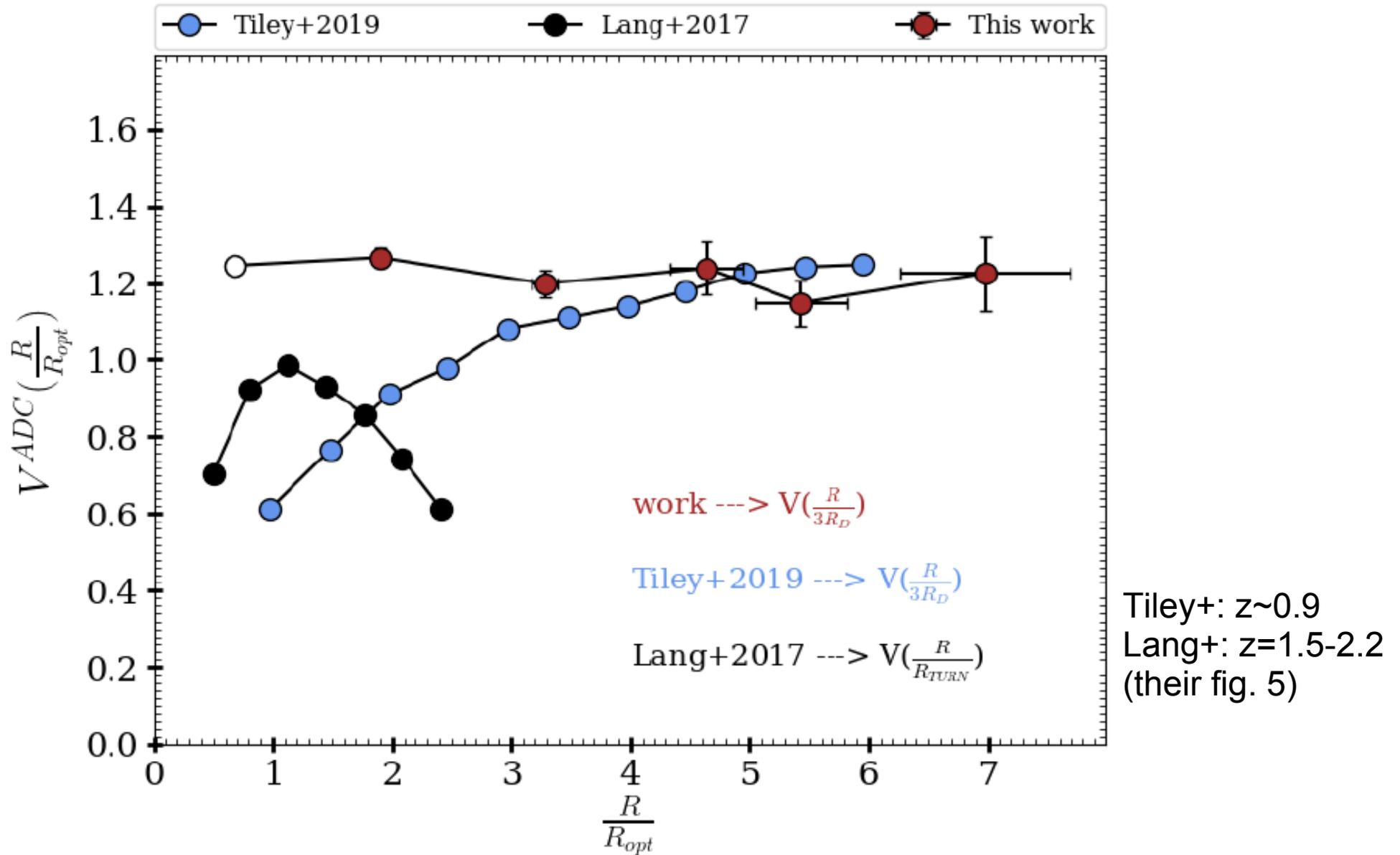


Figure A1. Shows the comparison of  $z \sim 1$  normalized RCs with previous studies. Normalized RCs from this work is shown by Red circles with error

- Впервые одновременно на большой выборке далеких галактик вместе применены учёт beam smearing (3D-BAROLLO) и асимметричного дрейфа. Второй эффект – более важен, исправляет среднюю кривую вращения более чем на 50%
- Кривые вращения на  $z=0$  и 1 галактик со звездообразованием – идентичны. Общая масса галактик не эволюционировала на этом промежутке..
- Значительная эволюция шкалы звездного диска, на  $z\sim 1$  он еще не “начал эволюционировать как функция полной массы гало”

### **Мои замечания:**

Красиво изложено, подход к анализу правильный, НО:

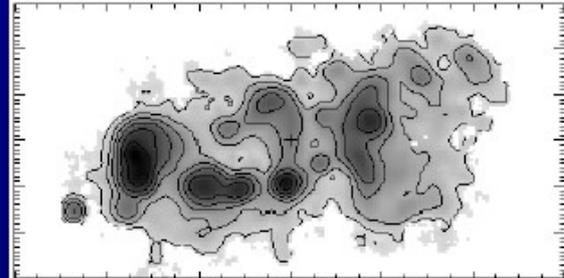
- небрежность с цифрами (age 10 Gyr =>  $z=2$ , не видно принципиального улучшения от ADC для  $V > 100$  км/с, тогда где эти 50%?, сравнивают RC  $\langle z \rangle = 2$  и 0.85...)
- Некоторые примеры полей скоростей – просто не показывают вращения
- Использование дисперсии скоростей ионизованного газа для ADC – не очевидно

**(ЗАДАЧА для SIGMA-FPI !)**

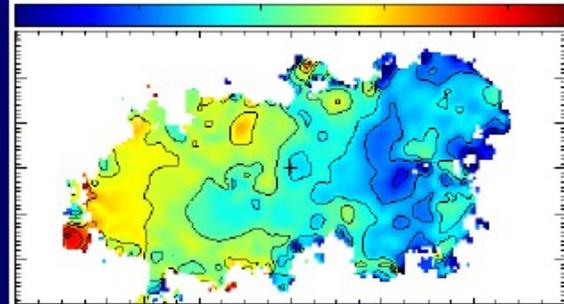
# UGC 8508 (SDSS)



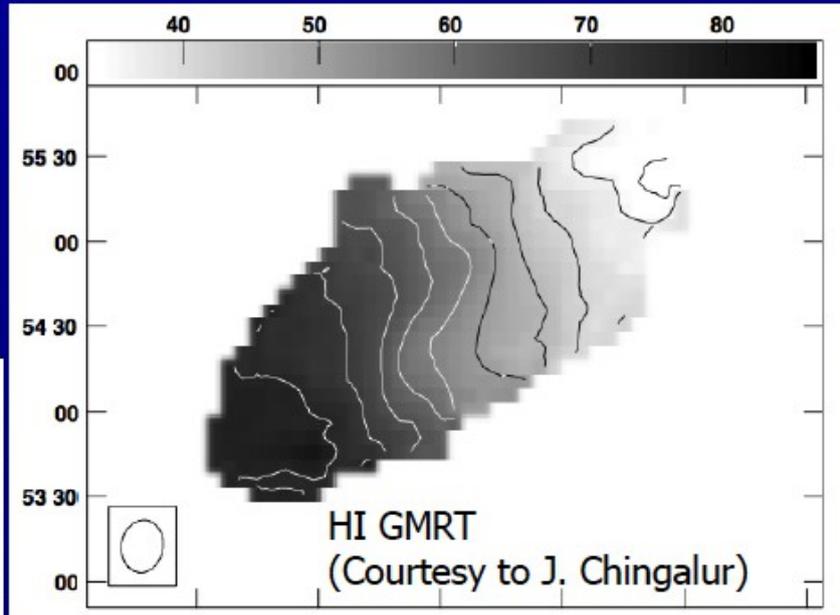
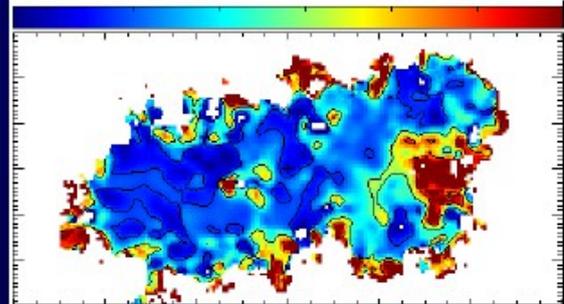
H $\alpha$  image



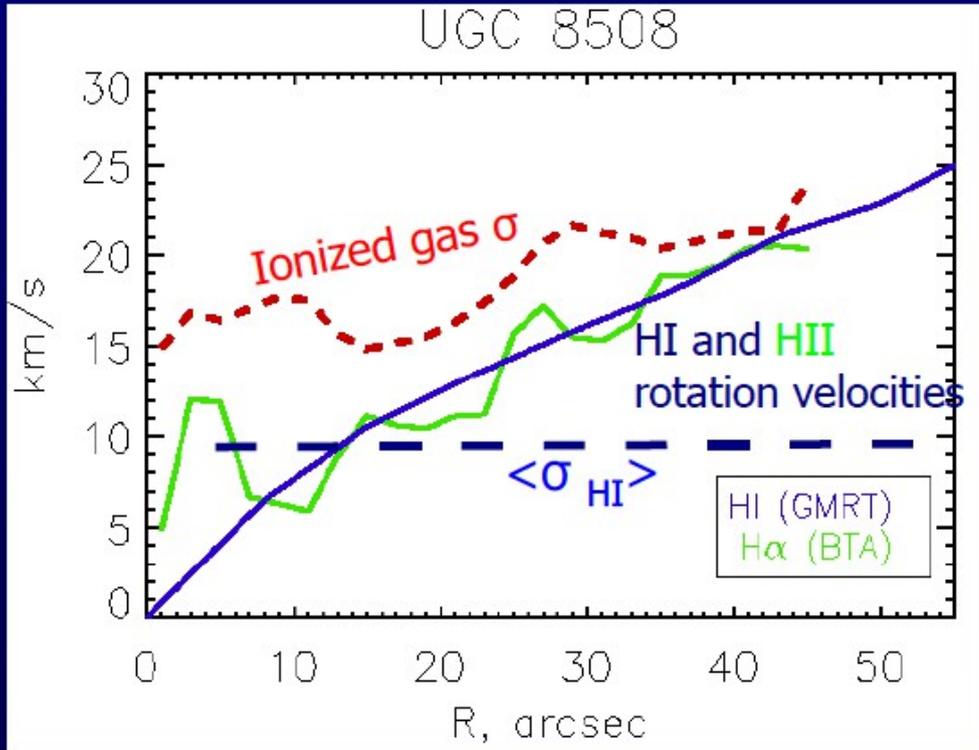
Velocities, km/s



Velocity dispersion, km/s



$\sigma/v > 1$   
in REGULAR ROTATING  
gaseous disk!



Moiseev & Lozinskaya (2012)

An asymmetric drift correction isn't applicable  
to ionized gas motions

# Probing the AGN Unification Model at redshift $z \sim 3$ with MUSE observations of giant Ly $\alpha$ nebulae

Jakob S. den Brok,<sup>1,2\*</sup> S. Cantalupo,<sup>1</sup> R. Mackenzie,<sup>1</sup> R. A. Marino,<sup>1</sup> G. Pezzulli<sup>1</sup>  
J. Matthee,<sup>1</sup> S. D. Johnson,<sup>3,4</sup> M. Krumpel,<sup>5</sup> T. Urrutia,<sup>5</sup> W. Kollatschny<sup>6</sup>

arXiv:2005.01732  
MNRAS ??

Ионизационные конуса на больших  $z$ , ограничение на геометрию AGN...

Наблюдения УФ, сдвинутого в оптику, на MUSE

Но если Ly $\alpha$ - туманностей в AGN Type 1 (=QSO) на  $z=3$  известно много ( $\sim 100$ ),  
то в Type II - почти нет (сложнее искать в обзорах)

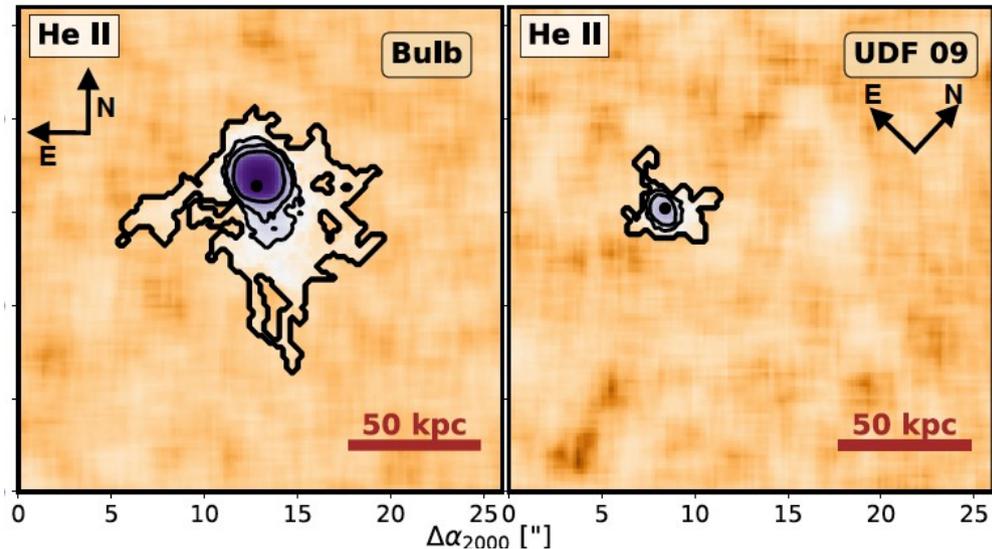
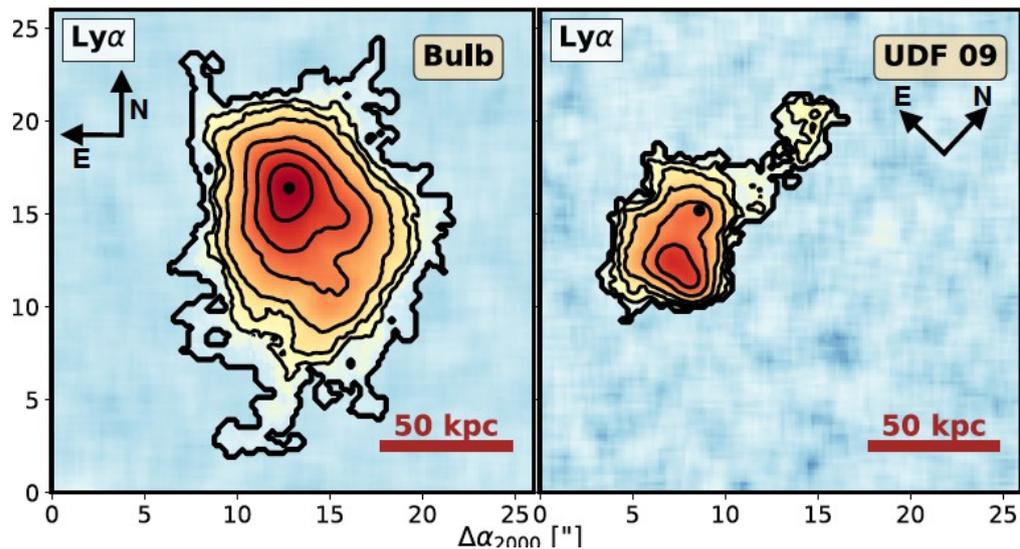
Здесь – 4 type 2,  $z > 3$  MUSE 1x1 arcmin, 0.2", seeing  $\sim 0.6''$

Найденные в обзорах MUSE-WUDE, MUSE-Deep...

**Table 1.** Sample of Type II AGNs.

| Number | AGN Name | Obj. ID <sup>a</sup> | R.A.<br>(J2000) | decl.<br>(J2000) | $z_{\text{cat.}}^b$ | $z_{\text{Ly}\alpha}^c$ | Exp. Time<br>[hr] | $L_{\text{X,c}}^d$<br>[erg s <sup>-1</sup> ] | $i_{\text{AB}}^e$<br>[mag] |
|--------|----------|----------------------|-----------------|------------------|---------------------|-------------------------|-------------------|--|----------------------------|
| 1      | Bulb     | –                    | 04:22:01.5      | –38:37:19.0      | –                   | 3.0984                  | 20                | –  | 24.5                       |
| 2      | UDF 09   | 00005                | 03:32:39.7      | –27:48:50.2      | 3.072               | 3.0687                  | 10                | $8.0 \times 10^{44}$                         | 22.4                       |
| 3      | Cdfs 04  | 05479                | 03:32:18.8      | –27:51:35.5      | 3.661               | 3.6620                  | 1                 | $2.8 \times 10^{44}$                         | 24.5                       |
| 4      | Cdfs 15  | 06294                | 03:32:29.8      | –27:51:05.9      | 3.710               | 3.7027                  | 1                 | $4.5 \times 10^{44}$                         | 25.7                       |

Выборка сравнения: 19 type I AGN (Borisova + 16)



He II 1640 – in deepest data

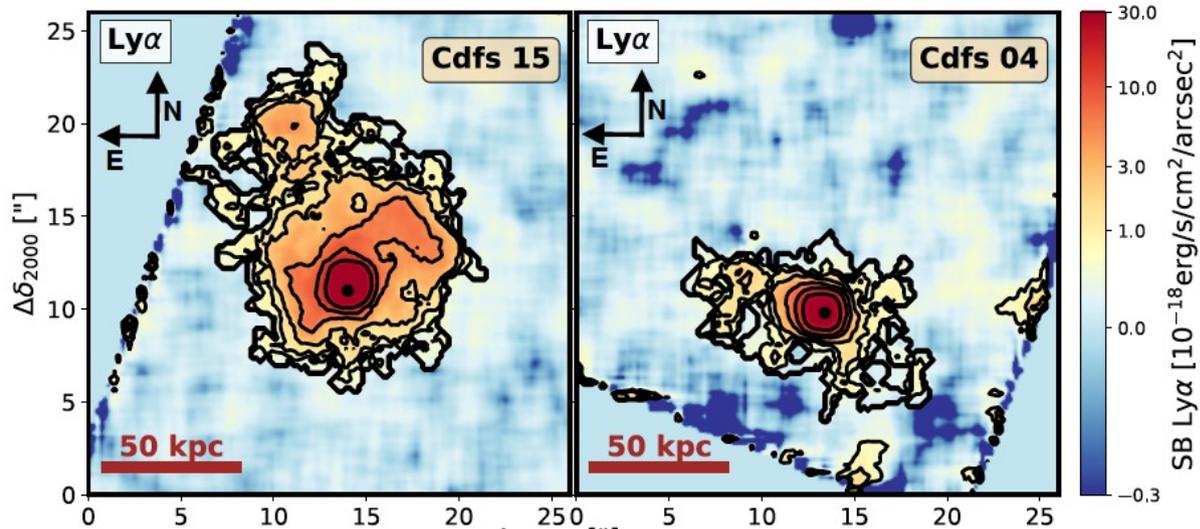


Table 2. Measured Nebulae Properties

| Name    | $z_{\text{Ly}\alpha}^{\text{a}}$ | Line        | $r_{\text{max}}^{\text{b}}$<br>[pkpc] | Flux <sup>c</sup><br>[erg s <sup>-1</sup> cm <sup>-2</sup> ] | $\Delta\lambda^{\text{d}}$<br>[Å] |
|---------|----------------------------------|-------------|---------------------------------------|--|-----------------------------------|
| Bulb    | 3.0984                           | Ly $\alpha$ | 75                                    | $6.6 \times 10^{-16}$  | 58.8                              |
|         |                                  | He II       | 50                                    | $4.0 \times 10^{-17}$  | 40                                |
| UDF 09  | 3.0687                           | Ly $\alpha$ | 62                                    | $1.7 \times 10^{-16}$  | 17.5                              |
|         |                                  | He II       | 40                                    | $6.6 \times 10^{-18}$  | 22.5                              |
| Cdfs 04 | 3.6620                           | Ly $\alpha$ | 48                                    | $2.1 \times 10^{-16}$  | 39                                |
|         |                                  | He II       | –                                     | –  | –                                 |
| Cdfs 15 | 3.7027                           | Ly $\alpha$ | 92                                    | $5.7 \times 10^{-16}$  | 48.8                              |
|         |                                  | He II       | –                                     | –  | –                                 |

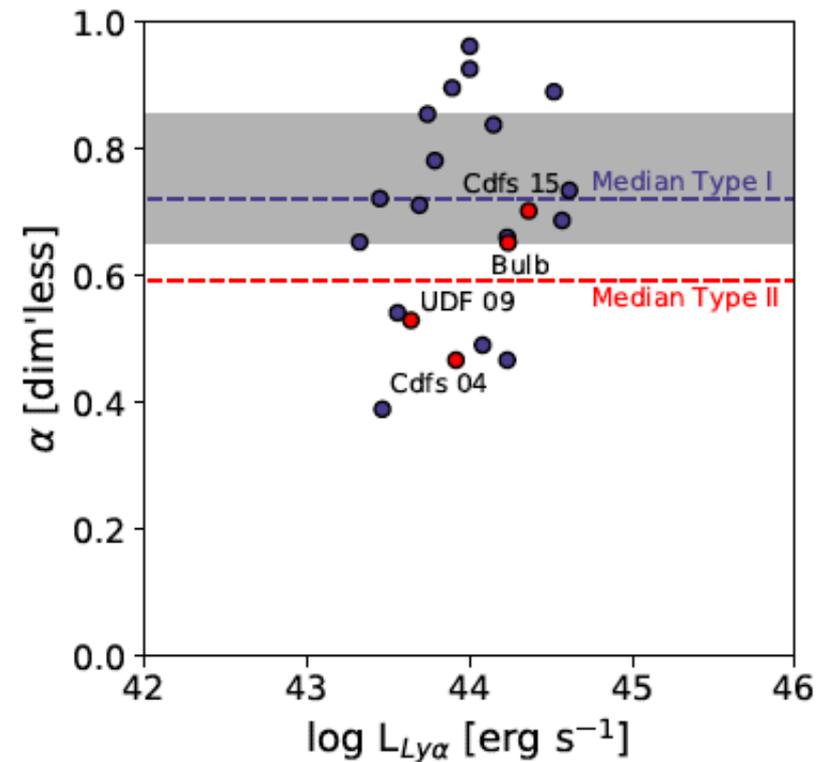
Оценка асимметричности распределения  
(чисто геометрически, без учета веса от потока)

$$M_{xx} := \left\langle \frac{(x - x_{AGN})^2}{r^2} \right\rangle, M_{yy} := \left\langle \frac{(y - y_{AGN})^2}{r^2} \right\rangle$$

$$M_{xy} := \left\langle \frac{(x - x_{AGN})(y - y_{AGN})}{r^2} \right\rangle$$

$$\alpha = \frac{1 - \sqrt{(M_{xx} - M_{yy})^2 + (2M_{xy})^2}}{1 + \sqrt{(M_{xx} - M_{yy})^2 + (2M_{xy})^2}}$$

( $\alpha=1$  – все круглое)

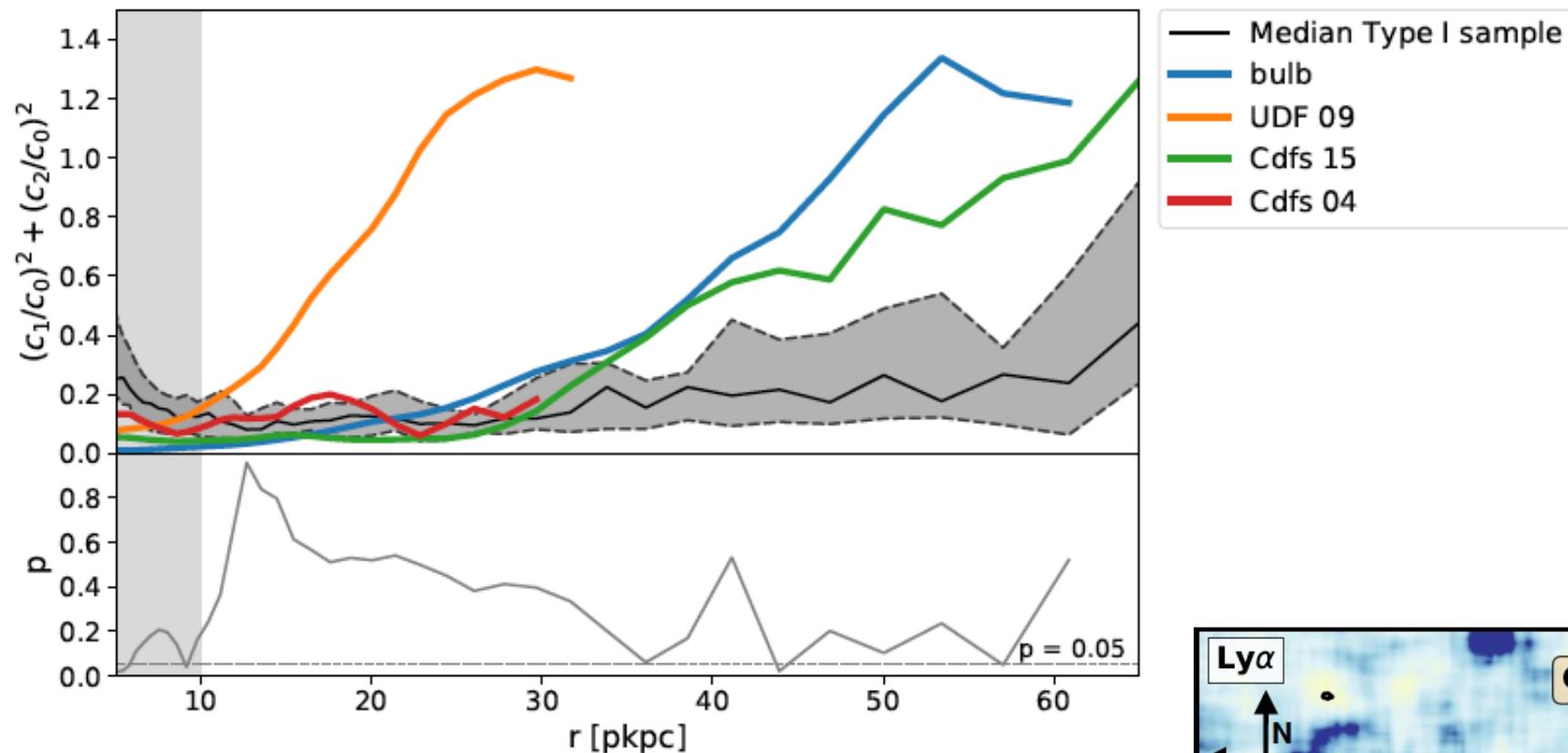


**Figure 4.** The asymmetry described by the parameter  $\alpha$  based on the routine described in Arrigoni Battaia et al. (2019) versus

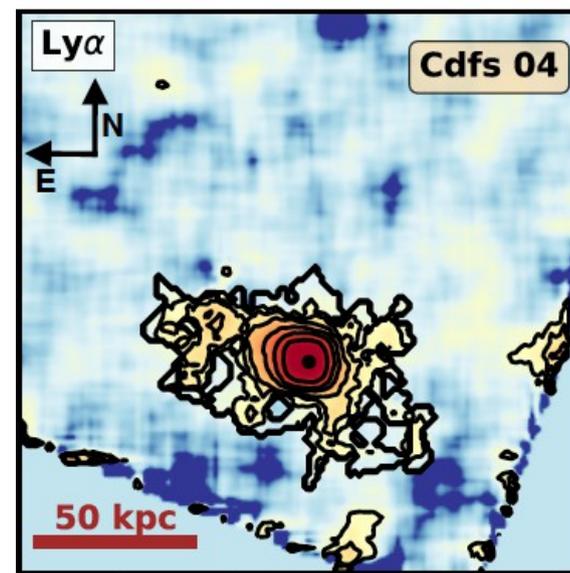
lies below the 25 percentile range of the type I AGN sample.

A Welsch t-test returns a p-value of  $p = 0.097$  indicating a 10% chance that the type I and type II population follow the same  $\alpha$  distribution. It is interesting to note that

Фурье-анализ: значимо вытянуты внешние области ( $r > 25$  кпк) в 3х из 4х Type II AGN



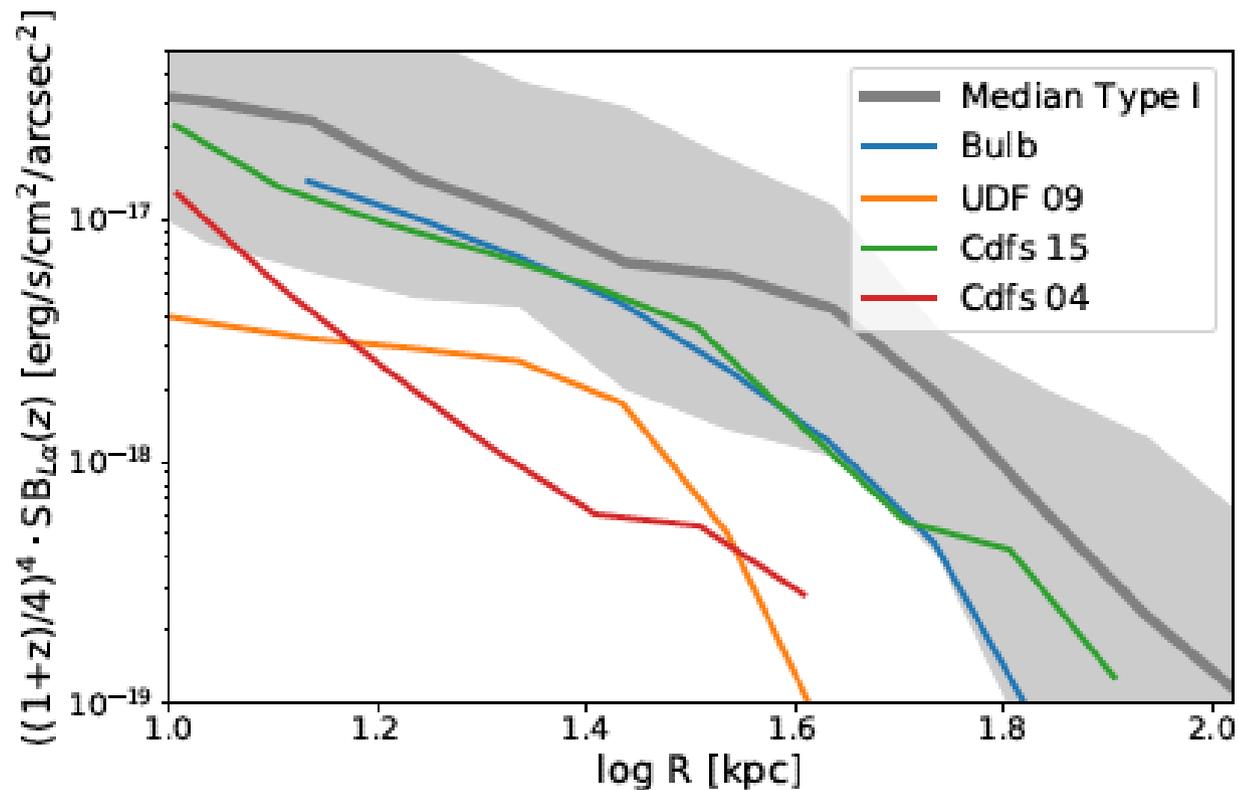
Почему нет эффекта в Cdfs 04:  
 центральная область  
 симметричная, а дальше  
 эмиссия слабая.  
 Визуально же – вытянут!



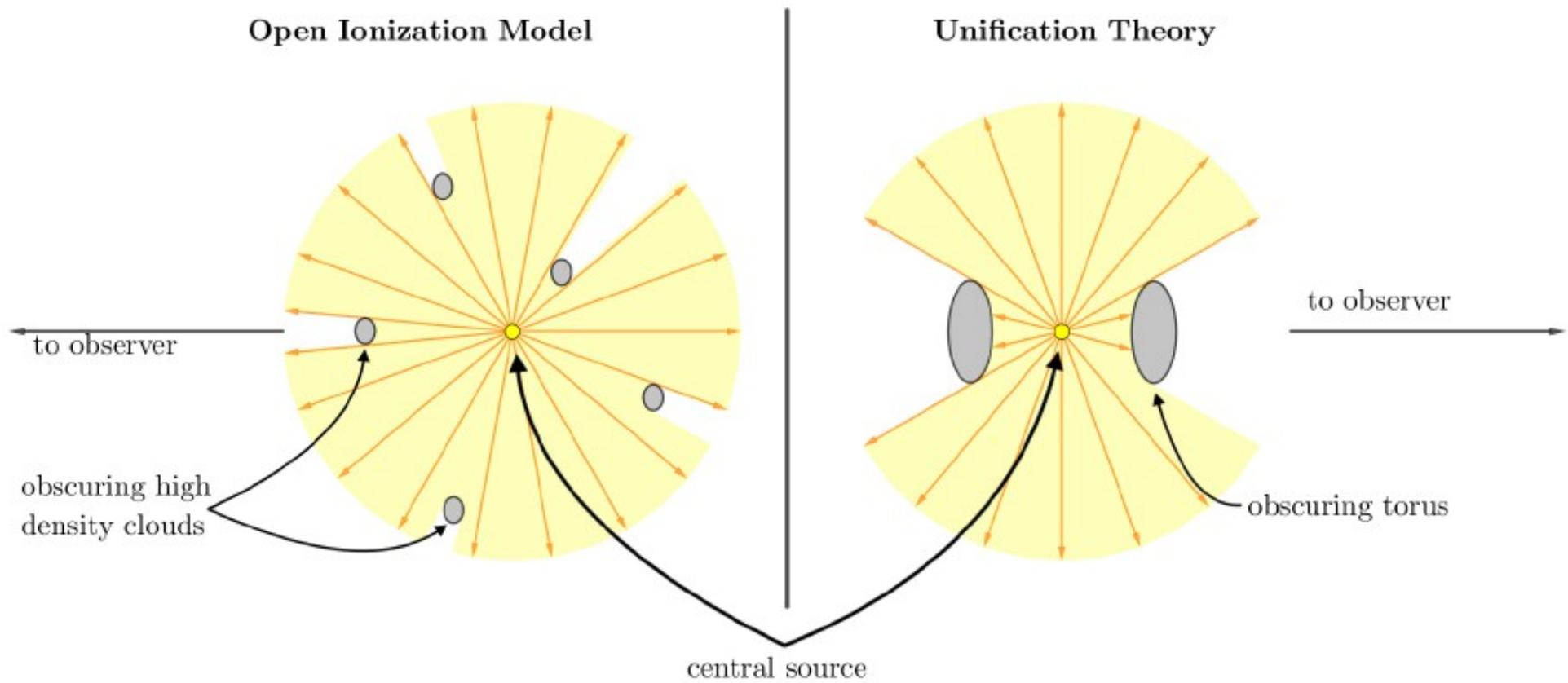
Типы I и II более-менее одинаковы по светимости и распределению яркости в линии Ly $\alpha$

(ослабление внешних областей type II – за счет круглых апертур у вытянутых объектов)

Отсюда вывод, что это не разница эффектов окружения, а реальный геометрический эффект



Вот такой:



Вывод работы – указание на существование конусов ионизации (т.е. пылевых торов на  $z \sim 2$ )

“Симметризация” внутри  $r < 30$  кпк возможно связана с тем, что Ly $\alpha$  – резонансная линия, где значимы эффекты переноса и рассеяния  
He II есть в двух случаях, там асимметрия более выражена  
А отношение линий указывает на почти полную ионизацию водорода в центральной области.

Требуется дополнительный источник (не AGN, но достаточно жесткий)  
Возможно – от мощного звездообразования.

Это рассмотрят в следующей работе, равно как и кинематику  
(пока лишь говорится о  $-300 \dots +300$  km/s, FWHM=400-800 km/s)

