

MAGNUM survey: compact jets causing large turmoil in galaxies

Enhanced line widths perpendicular to radio jets as tracers of jet-ISM interaction

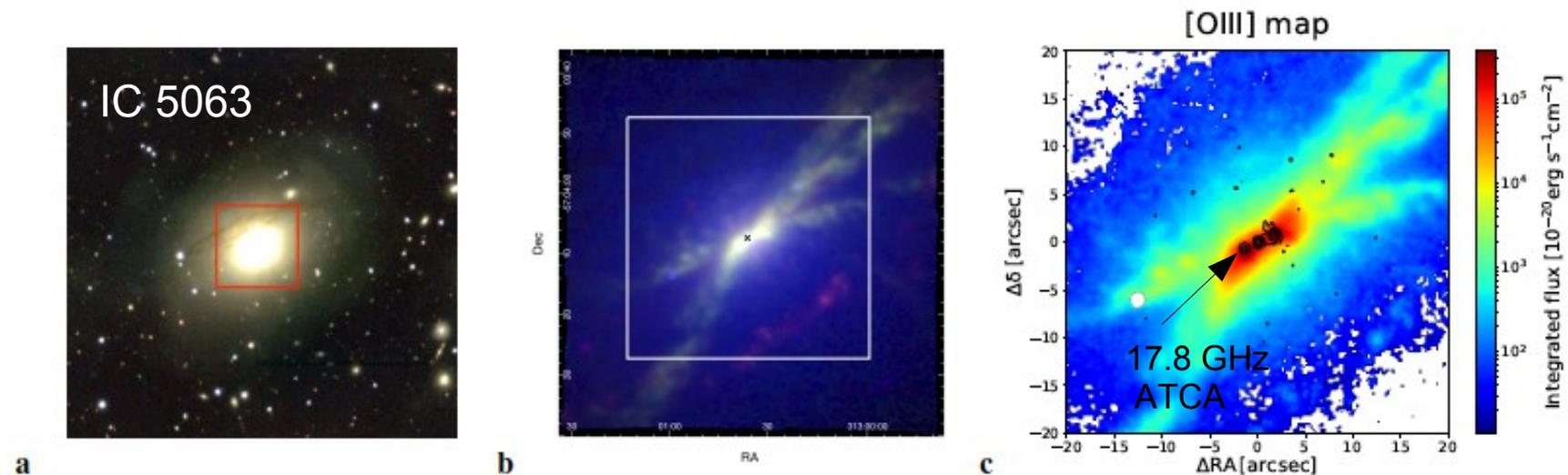
G. Venturi^{1,2}, G. Cresci², A. Marconi^{3,2}, M. Mingozzi⁴, E. Nardini^{3,2}, S. Carniani^{5,2}, F. Mannucci², A. Marasco², R. Maiolino^{6,7}, M. Perna^{8,2}, E. Treister¹, J. Bland-Hawthorn^{9,10} and J. Gallimore¹¹ ArXiv:2011.04677
Submitted to A&A

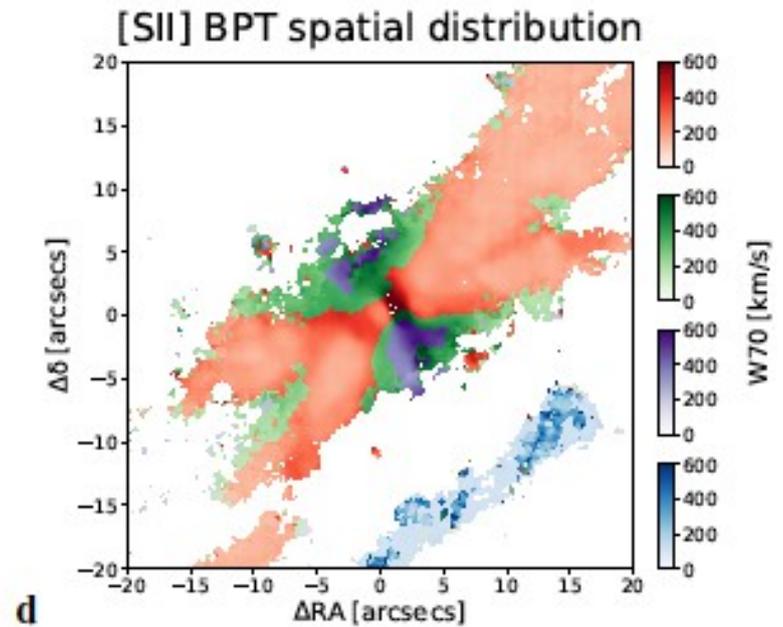
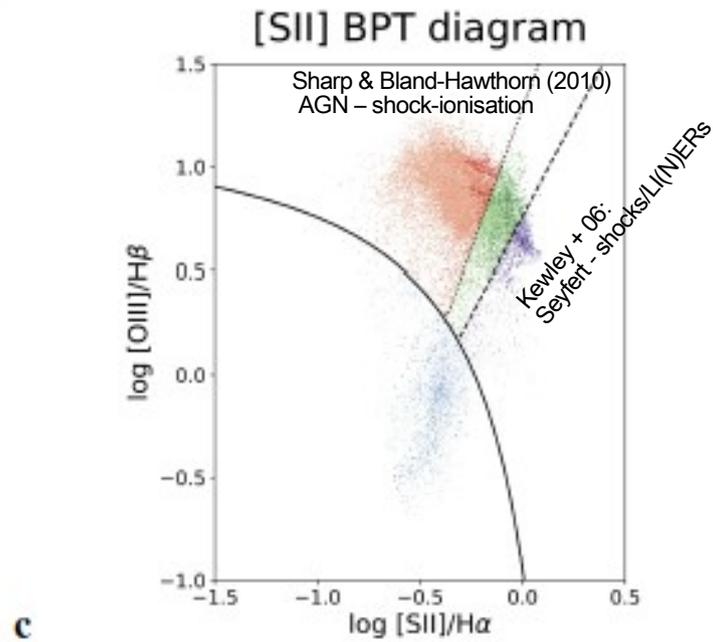
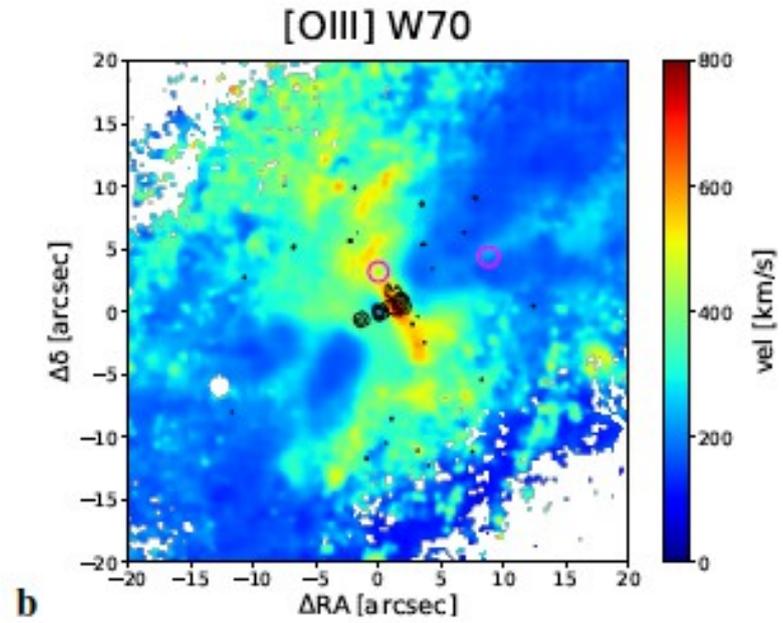
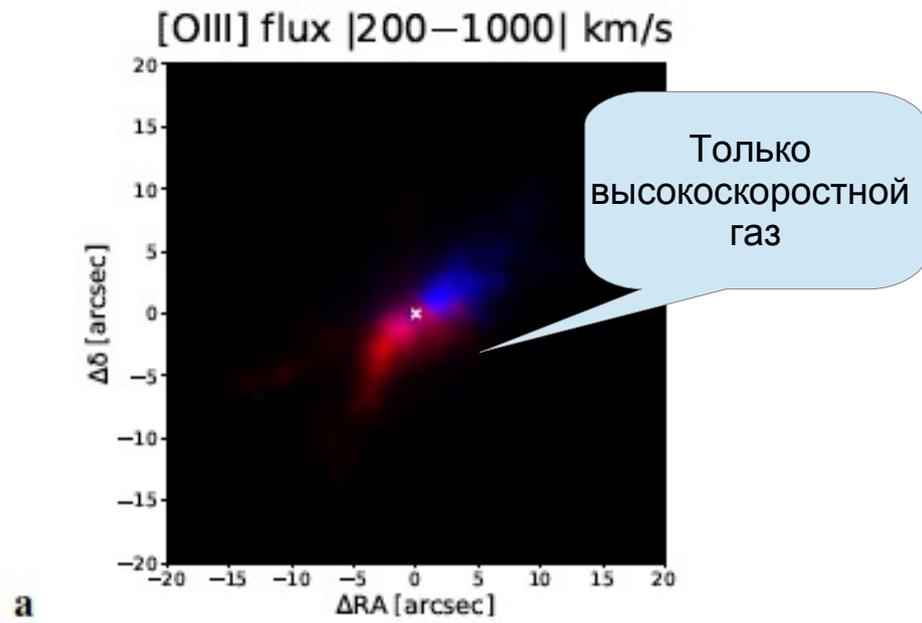
MAGNUM (Measuring Active Galactic Nuclei Under MUSE Microscope) survey

Всего в выборке 9 галактик, здесь рассмотрены 4 с уникальной особенностью
Не очень протяженные, слабые радиоджеты (kinetic power $< 10^{44}$ erg/s)

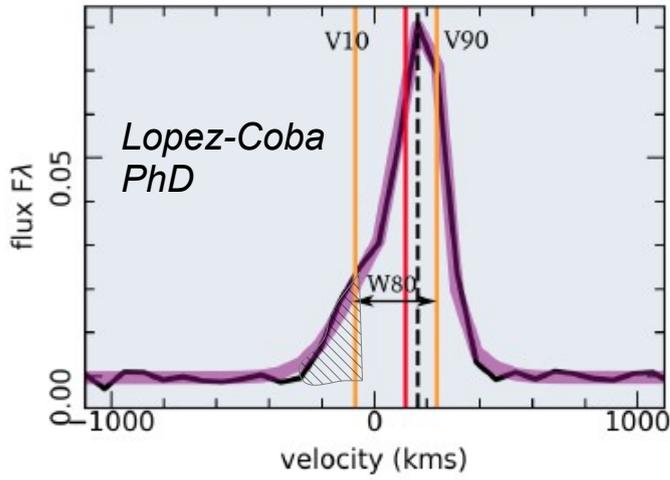
Name	Distance [Mpc] ^a	FOV extent [kpc ²] ^b	Spatial scale [pc/arcsec] ^c
IC 5063	46 ± 7	14 × 14	220
NGC 5643	16 ± 7	5 × 5	78
NGC 1068	10.5 ± 1.7	3.3 × 3.3	51
NGC 1386	16.4 ± 0.8	5.1 × 5.1	80

MUSE without AO, Voronoi, pPXF, MPFIT: 1-3 components....

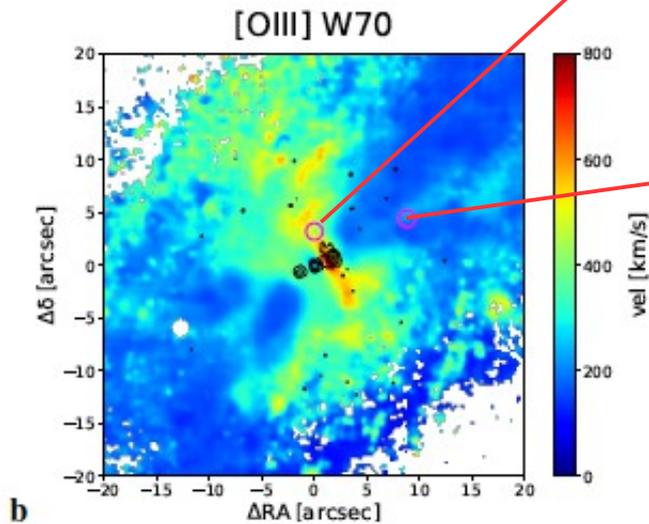
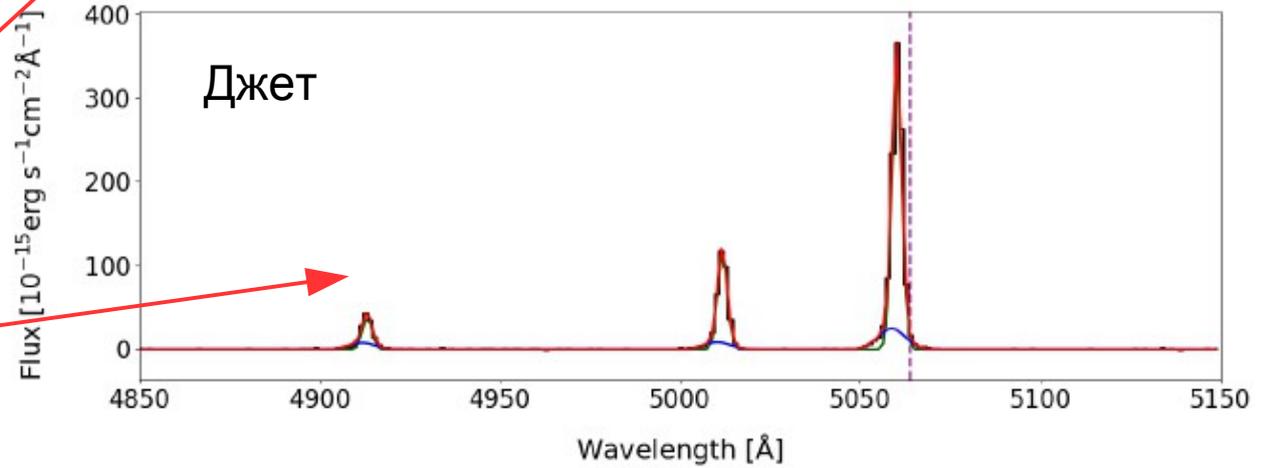
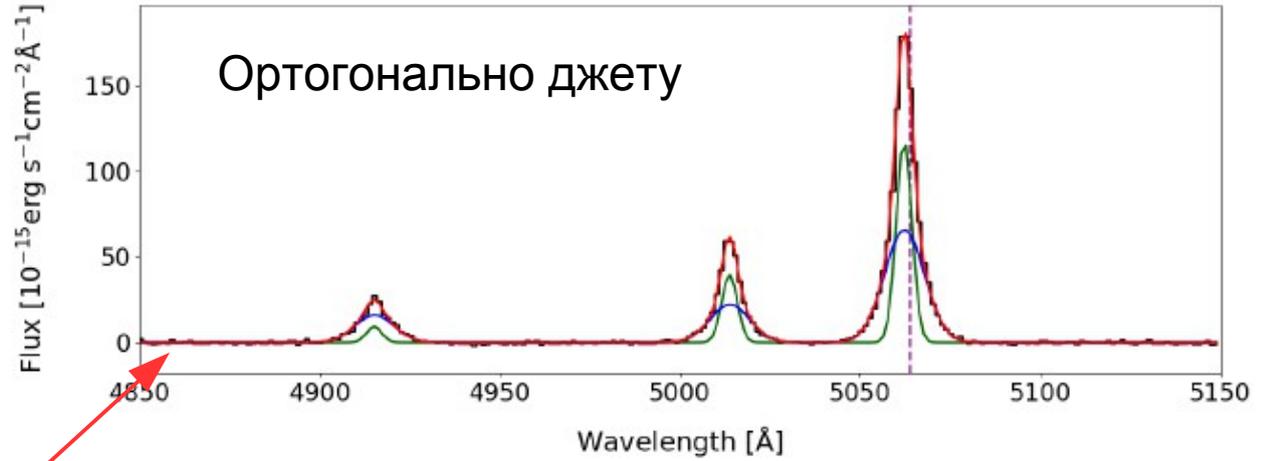




ВРТ – интеграл по всем компонентам

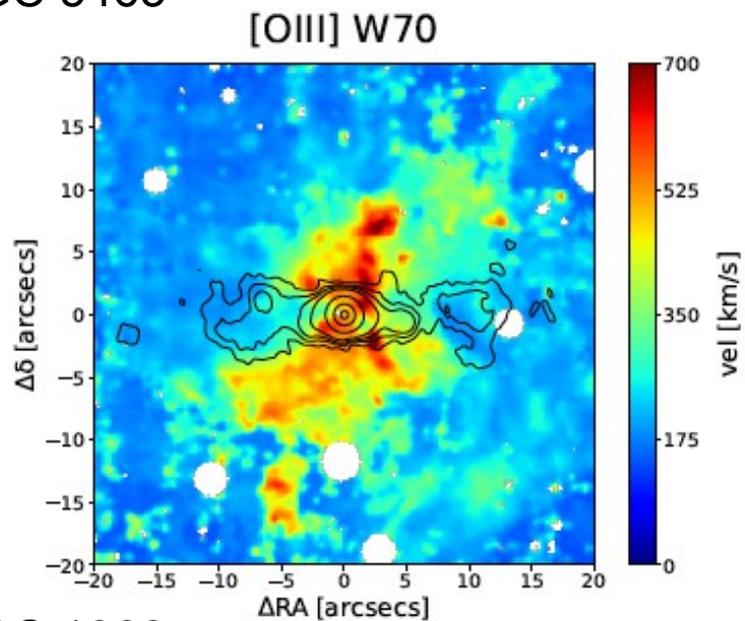


$W70 = v_{85} - v_{15}$, difference between the 85% and 15% velocities of the fitted line profile

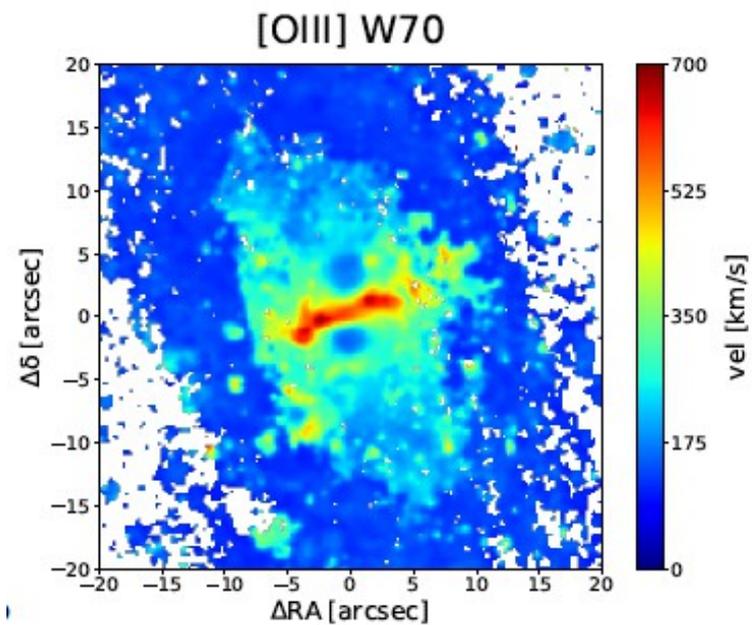


Далее – везде!

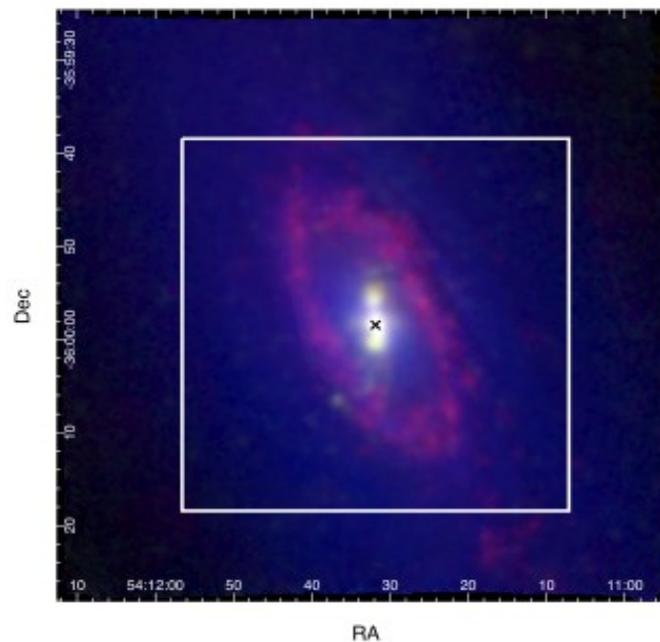
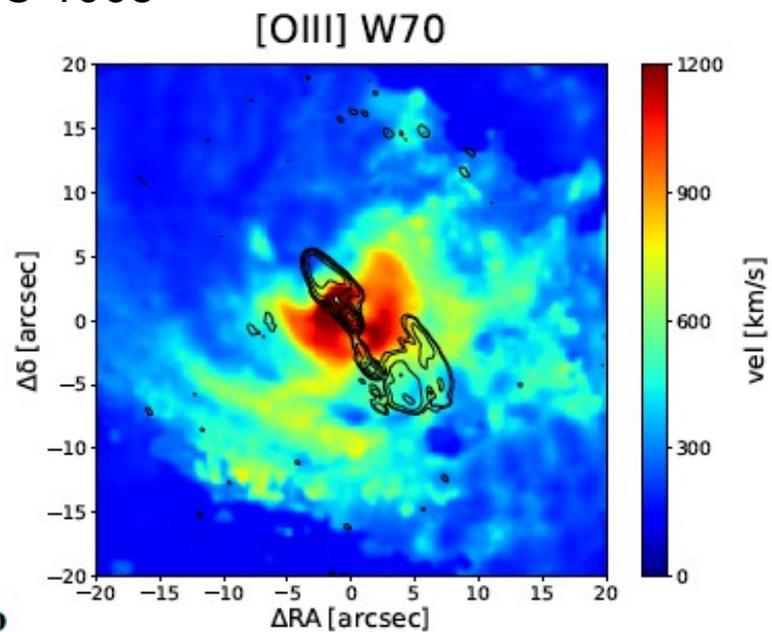
NGC 5463



NGC 1386



NGC 1068



b

NGC 1068: диффузный рентген Chandra подтверждает ударную модель возбуждения газа (для других галактик – сигнал слабоват)

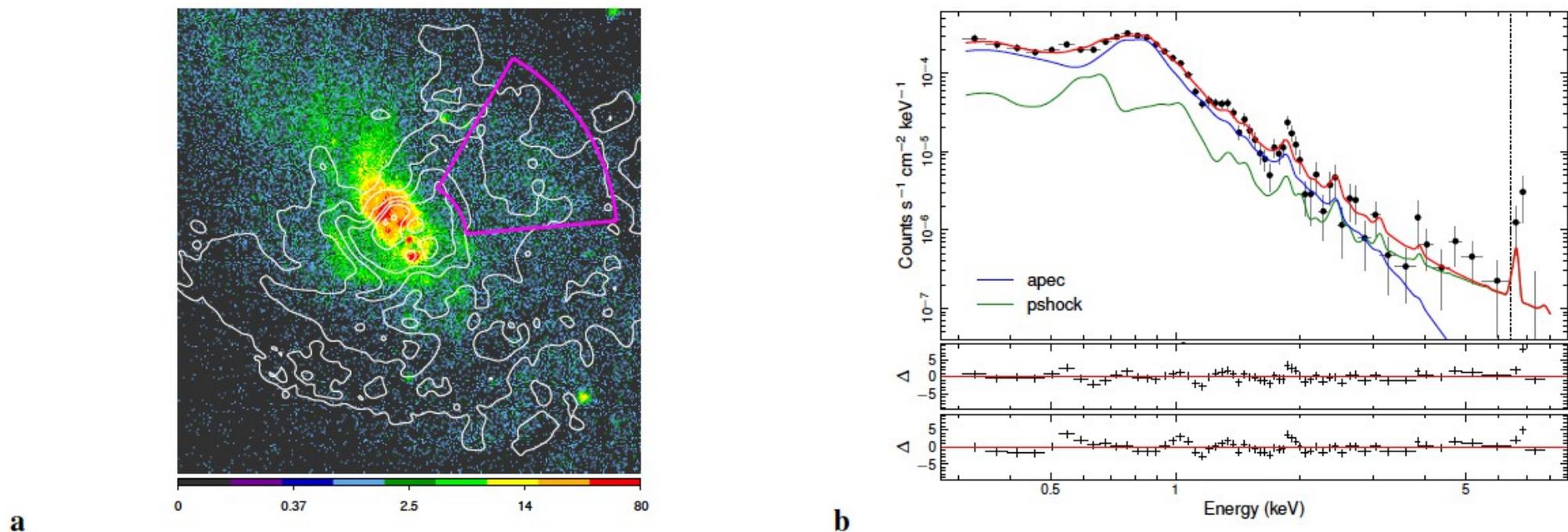


Fig. 8: (a) *Chandra* ACIS-S 0.3–8 keV X-ray image of NGC 1068 (in the same 40'' × 40'' central region of the MUSE maps from Figs. 6 and 7). Contours of [O III] W70 (from Fig. 7b) are reported in white. (b) Top panel: spectrum (black points) extracted from magenta region reported in (a). The apec + pshock best-fit model is shown in red, its separate components in other colours. The vertical dotted line marks 6.4 keV. The residuals

main the same, but the fit significantly improves down to $C\text{-stat} = 218/181$. While this is not a conclusive proof of the presence of shocks in the W70 enhancement region, we note that the iron emission line falls in the Fe xxv–xxvi $K\alpha$ band, which is not compatible with fluorescence from cold gas.

In conclusion, both MUSE BPT diagnostic diagrams and *Chandra* X-ray data suggest the presence of shocks in the region of enhanced W70 perpendicular to the AGN ionisation cones and the jet.

Чем эти галактики отличаются от остальных 5 в выборке MAGNUM?

Везде есть указания, что джет под малым углом ($<45\text{deg}$) к основному газовому диску, есть признаки его взаимодействия с диском (хотя в выборке есть сравнимые и даже более мощные радиоджеты: Centaurus A, Circinius):

...suggest a correlation between the presence of a jet in its early phases, inclined low enough on the disc to significantly interact with the galaxy ISM, and the strongly enhanced line widths observed perpendicular to it, possibly indicating turbulent gas motions.

Нашли в литературе 9 галактик, где обнаружен сходный эффект: Arp 102B, NGC5929..
Иногда даже в холодном газе (CO, H₂!)
И везде – малый наклон джета к диску

Альтернативные объяснения не проходят:

- **Beam smearing?** - есть запас по пространственному разрешению
- **Equatorial outflow?** - нет эффекта в лучевой скорости, наблюдается только в галактиках, где есть радиоджет, вторгающийся в галактический диск
- **Precession?** - эффект был бы хаотичным, а тут строго перпендикулярные к джету/конусу структуры (от себя – еще и с характерными временами проблема)

Оценка по Н—альфа светимости и n_e ([SII]) массы и энергетики пекулярных областей

Кинетическая мощность джета – по радиоданным (возможно, систематически занижена)

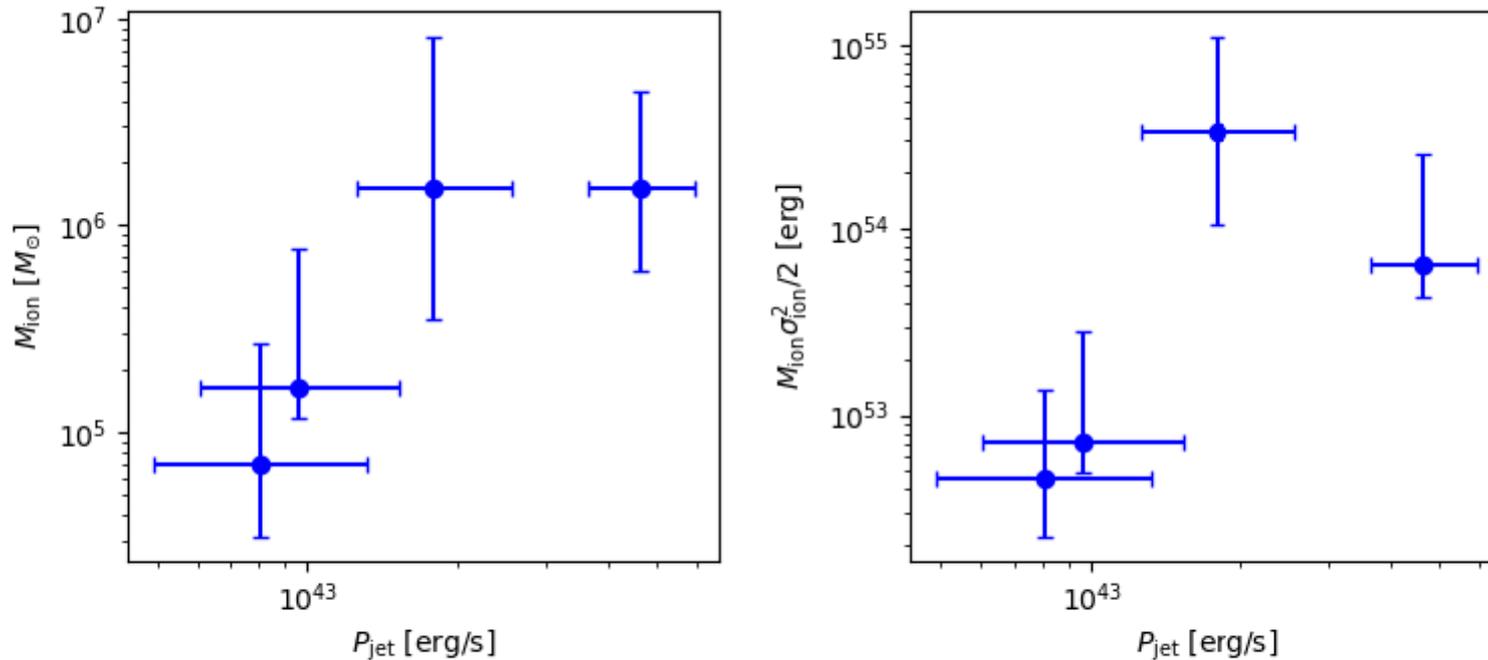


Fig. 11: Ionised gas mass M_{ion} (left) and gas kinetic energy $M_{\text{ion}} \sigma_{\text{ion}}^2 / 2$ (right) in the region affected by the [O III] W70 enhancement (> 300 km/s) versus jet power P_{jet} for the four objects analysed in this work, as reported in Table 3. Note that the jet power resulting from simulations of jet-ISM interactions could be an order of magnitude higher than that reported, obtained from empirical relations (Birzan et al. 2008), based on the results from simulations in Mukherjee et al. (2018a) for IC 5063.

- вовлеченная масса коррелирует со светимостью джета
- Общая энергетика процесса – менее 1% от энергии джета:

By dividing the kinetic energy of the line width-enhanced perpendicular material, $M_{\text{ion}} \sigma_{\text{ion}}^2 / 2$, by $P_{\text{jet}} t_{\text{jet}}$, we found values much smaller than 1, in the range $10^{-4} - 10^{-2}$. This indicates that

Общее впечатление от работы – тщательная, внимание к литературе, сравнение с предыдущими данными, из большого объема материала показано только нужное, хотя упоминают и сравнение со звездной кинематикой (выделении высоких скоростей и т.д.)

Речь идет об обнаружении нового наблюдательного эффекта (рос турбулентности в перпендикулярном джету направлении, при его вторжении в газовый диск), который не предсказывался в симуляциях, хотя физически возможен:

erate through the disc due to their strong mechanical pressure and impact on it mainly in the proximity of their path, more dramatic jet-ISM interaction will occur in the case of low-power jets ($\lesssim 10^{44}$ erg s⁻¹), as those hosted in the sources in exam. In this circumstance, the jet will propagate extremely slowly through the disc while, at the same time, widely perturbing its ISM in the direction perpendicular to propagation and giving rise to strong turbulence perpendicularly to the galaxy disc, along the direction of minor resistance (D. Mukherjee, priv. comm.). While it is unclear whether these simulations can reproduce in detail the observational features discussed in this work, they clearly highlight that low-power jets with low inclinations on the galaxy disc can strongly affect the host galaxy ISM.

Свежий взгляд на проблему AGN feedback в радиотихих галактиках!