

Fermi bubbles

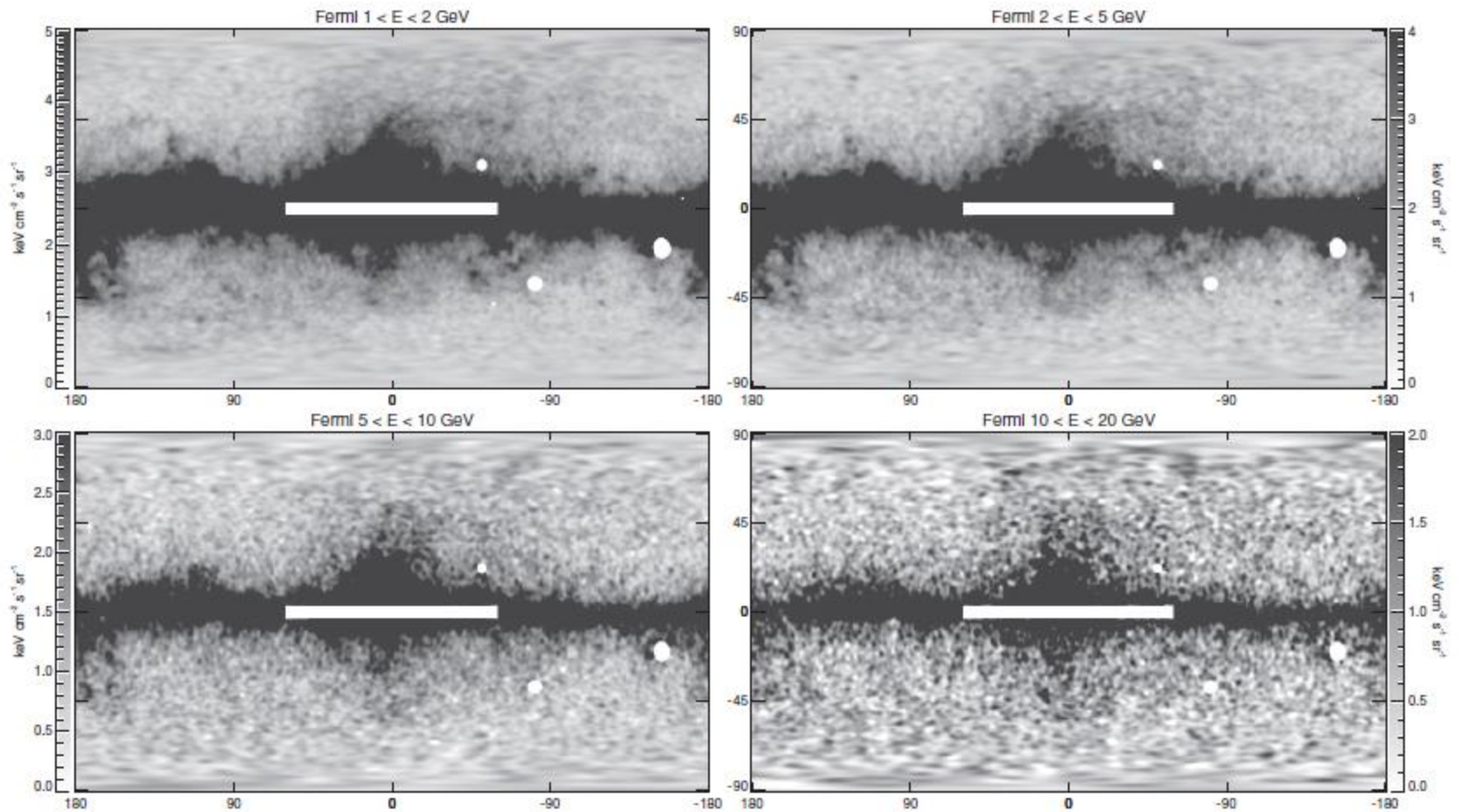


Figure 1. All-sky *Fermi*-LAT 1.6 year maps in four energy bins. Point sources have been subtracted, and large sources, including the inner disk ($-2^\circ < b < 2^\circ$, $-60^\circ < \ell < 60^\circ$), have been masked.

- Вблизи диска Галактики гамма-излучение (~ 1 ГэВ) в основном генерируется при распаде π^0 , которые образуются при взаимодействии КЛ с межзвездным веществом.
- Столкновения электронов КЛ с межзвездным веществом дают тормозное излучение.
- Нужно вычесть вклад диска.

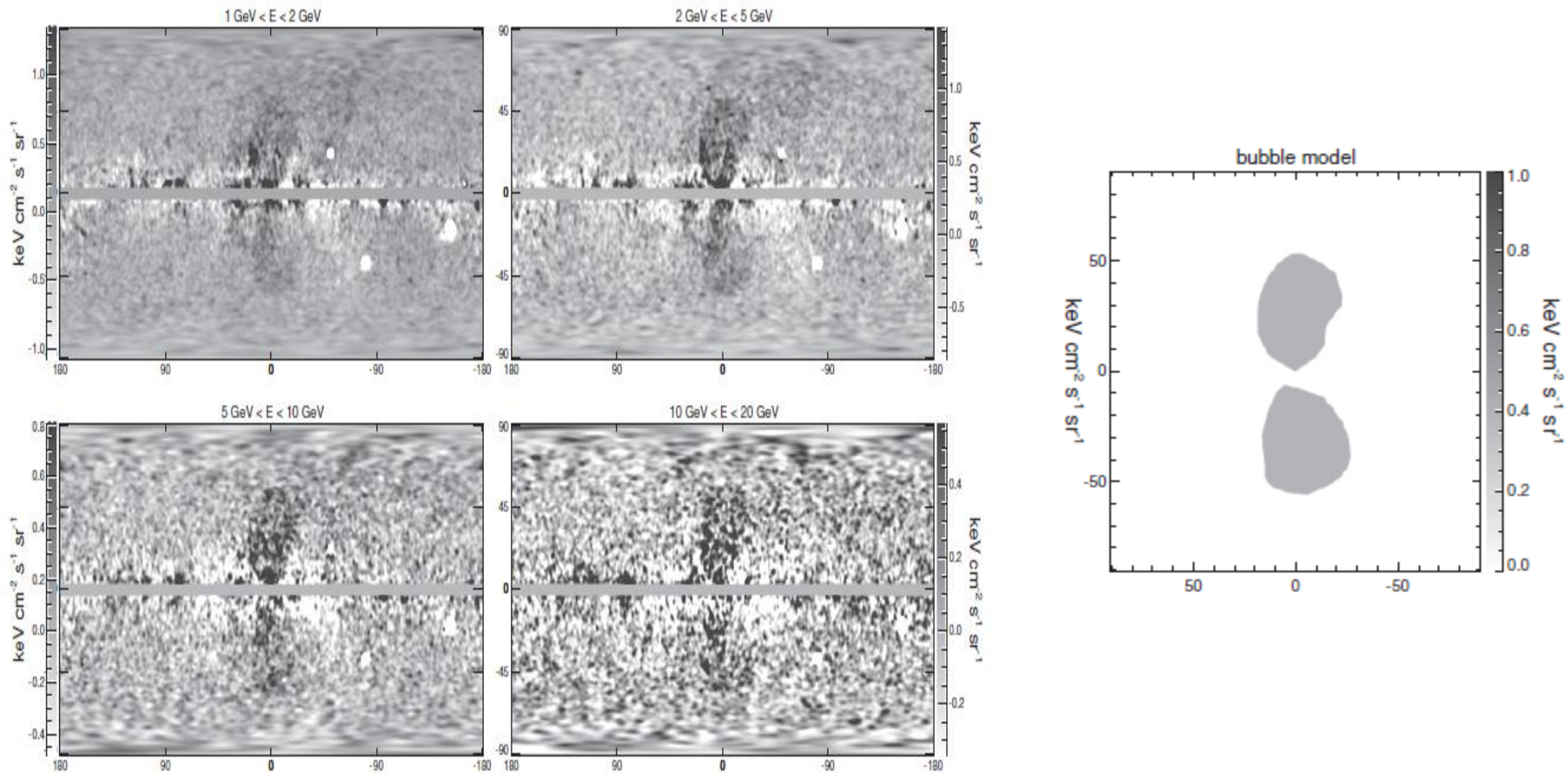


Figure 2. All-sky residual maps after subtracting the *Fermi* diffuse Galactic model from the LAT 1.6 year maps in four energy bins (see Section 3.1.1). Two bubble structures extending to $b \pm 50^\circ$ appear above and below the GC, symmetric about the Galactic plane.

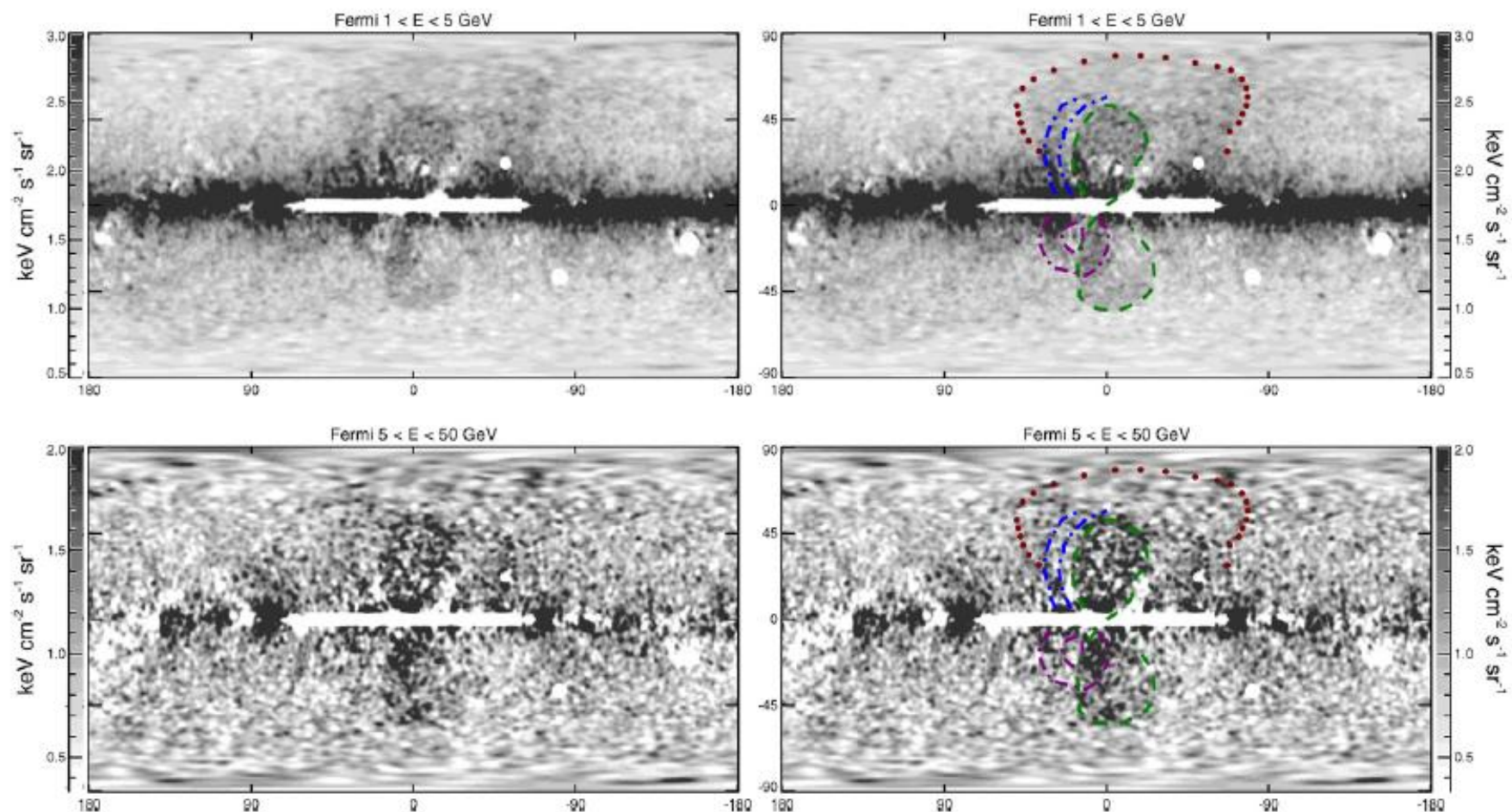


Figure 4. Full sky residual maps after subtracting the SFD dust and disk templates from the *Fermi*-LAT 1.6 year gamma-ray maps in two energy bins. Point sources are subtracted, and large sources, including the inner disk ($-2^\circ < b < 2^\circ$, $-60^\circ < \ell < 60^\circ$), have been masked. Two large bubbles are seen (spanning $-50^\circ < b < 50^\circ$) in both cases. Right panels: Apparent *Fermi* bubble features marked in color lines, overplotted on the maps displayed in the left panels. Green dashed circles above and below the Galactic plane indicate the approximate edges of the north and south *Fermi* bubbles respectively. Two blue dashed arcs mark the inner (dimmer) and outer (brighter) edges of the *northern arc*—a feature in the northern sky outside the north bubble. The red dotted line approximately marks the edge of Loop I. The purple dot-dashed line indicates a tentatively identified “donut” structure.

(A color version of this figure is available in the online journal.)

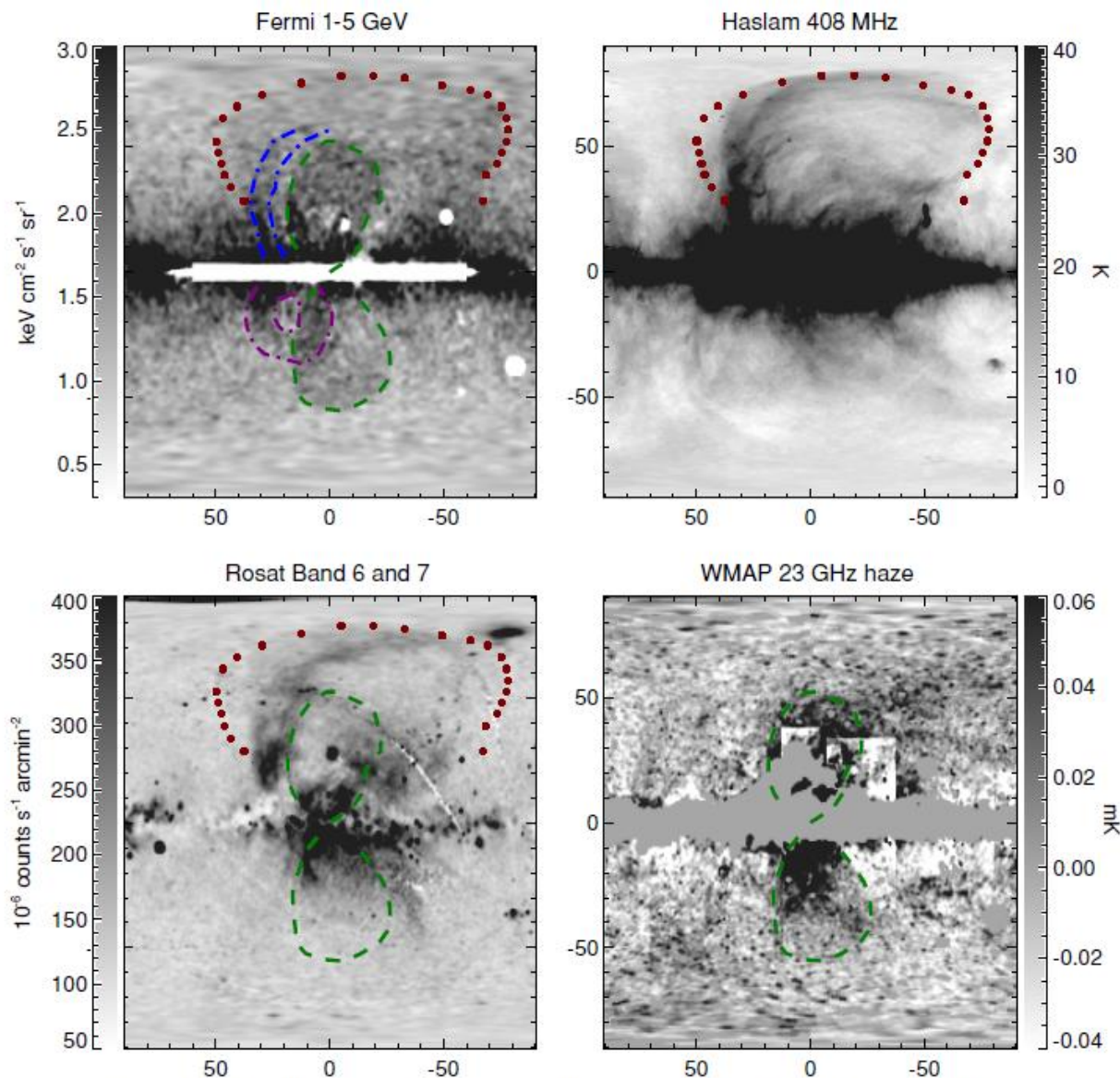


Figure 18. Comparison of the *Fermi* bubbles with features in other maps. Top left: point-source subtracted 1–5 GeV *Fermi*-LAT 1.6 yr map, same as the lower left panel of Figure 3 with north and south bubble edges marked with green dashed line, and north arc in blue dashed line. The approximate edge of the Loop I feature is plotted in red dotted line, and the “donut” in purple dot-dashed line. Top right: the Haslam 408 MHz map overplotted with the same red dotted line as the top left panel. The red dotted line remarkably traces the edge of the bright Loop I feature in the Haslam soft synchrotron map. Bottom left: the *ROSAT* 1.5 keV X-ray map is shown together with the same color lines marking the prominent *Fermi* bubble features. Bottom right: *WMAP* haze at *K*-band 23 GHz overplotted with *Fermi* bubble edges. The *ROSAT* X-ray features and the *WMAP* haze trace the *Fermi* bubbles well, suggesting a common origin for these features.

Параметры пузырей

- Ширина по долготе ~ 40 град
- Протяженность по широте ~ 50 град
- Следовательно $D \sim 15$ кпк!
- $L_{\gamma} \sim 4 \times 10^{37}$ эрг/с
- Жесткий спектр: $dN/dE \propto E^{-2}$

Интерпретация

- Наблюдения ROSAT в рентгеновском диапазоне: горячий газ $\sim 10^7$ K с пониженной плотностью
- Значит скорее всего не связаны с адронным или тормозным механизмом генерации гамма-излучения
- Морфология и совпадение с дымкой WMAP (WMAP haze) исключают возможность того, что значительная часть этого излучения связана с аннигиляцией DM
- Скорее всего обратное комптоновское рассеяние на электронах – дымка WMAP это синхротронное излучение этих электронов

Planck observations of the Galactic haze

- На больших высотах (>5 кпк) быстро спадает МП (поэтому интенсивность синхротронного излучения падает)

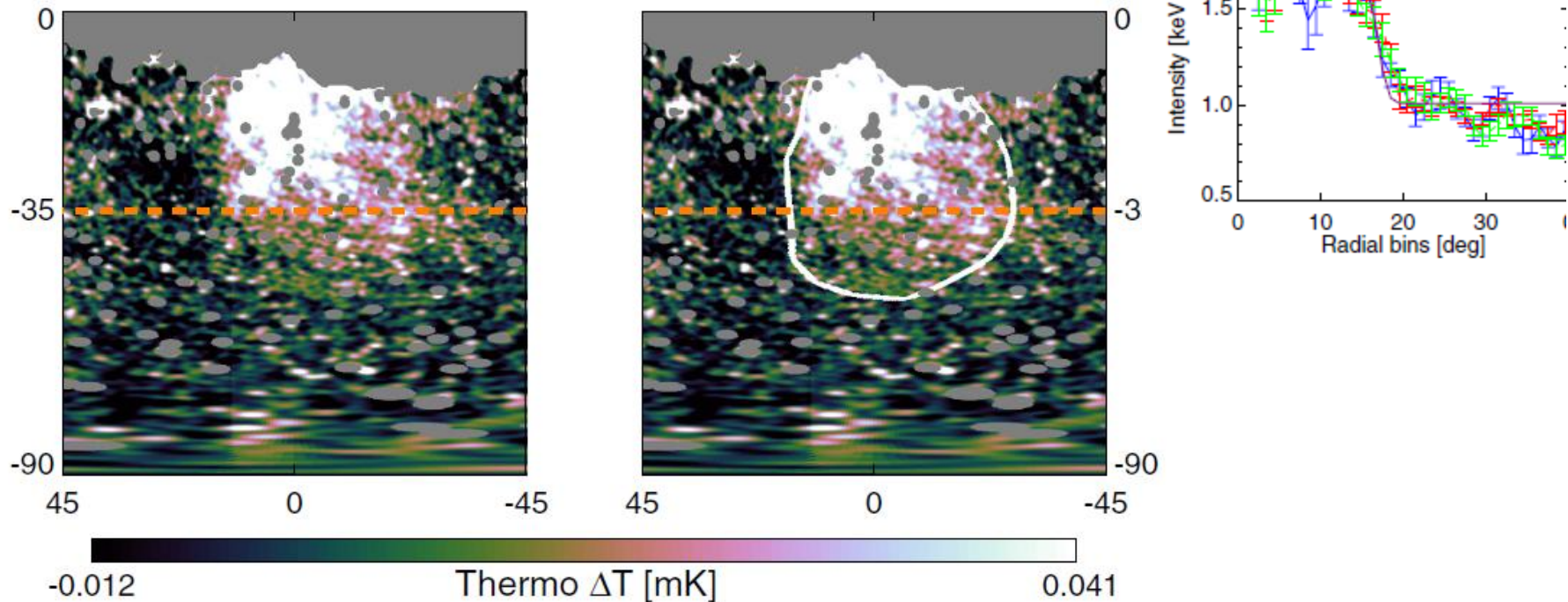


Fig. 9. Left: southern Planck 30 GHz haze from Fig. 6. Right: the same but with contours of the Fermi gamma-ray haze/bubbles (Su et al. 2010) overlaid in white. Above $b = -35^\circ$ (orange dashed line), the morphological correspondence is very strong, suggesting that the two signals are generated by the same underlying phenomenon.

- Жесткий спектр $\beta_H = -2.56 \pm 0.05$ синхротронное излучение от популяции электронов КЛ с жестким спектром (в Галактике спектр значительно мягче: $\beta_S = -3.1$ и может быть обеспечен e^- КЛ, ускоренных на УВ в SNRs)
- Gamma-ray bubbles + microwave haze -> новая компонента нашей Галактики

Источник пузырей – галактический центр

Недавняя активность ГЦ:

- Аккреция на центральную ВН (множественные дежты?)
- Вспышка звездообразования в ядре в последние ~10 млн. Лет (почему нет H_{α} ?)

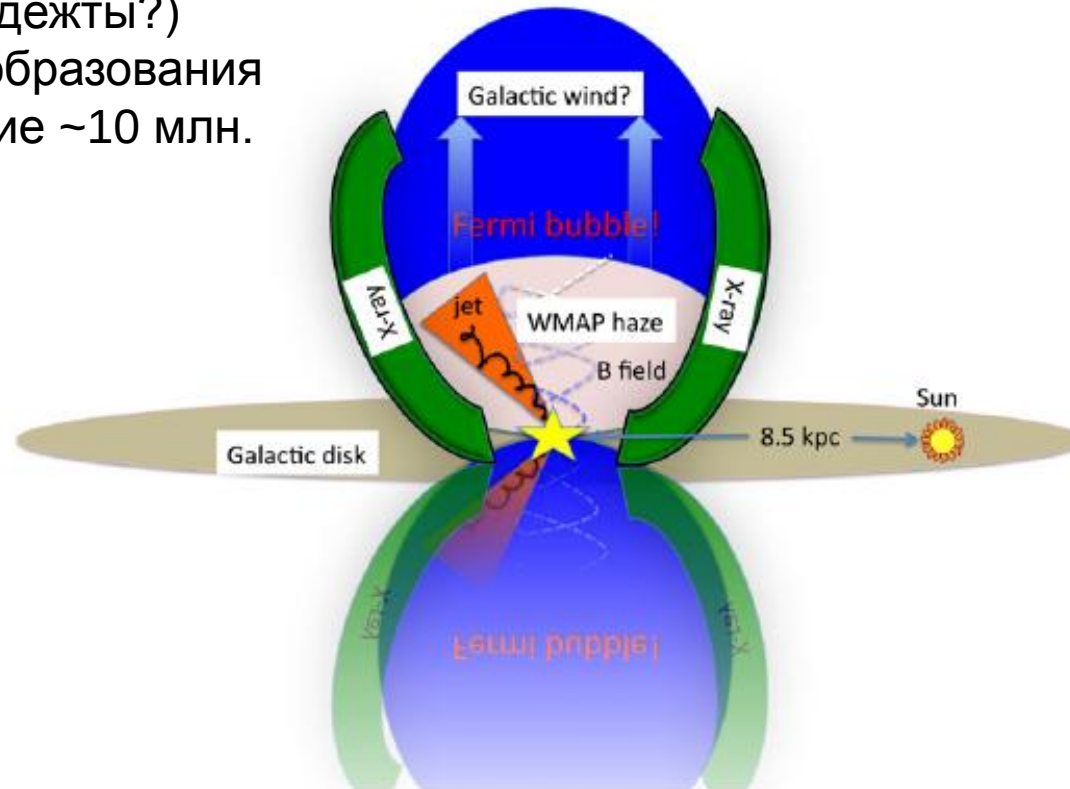
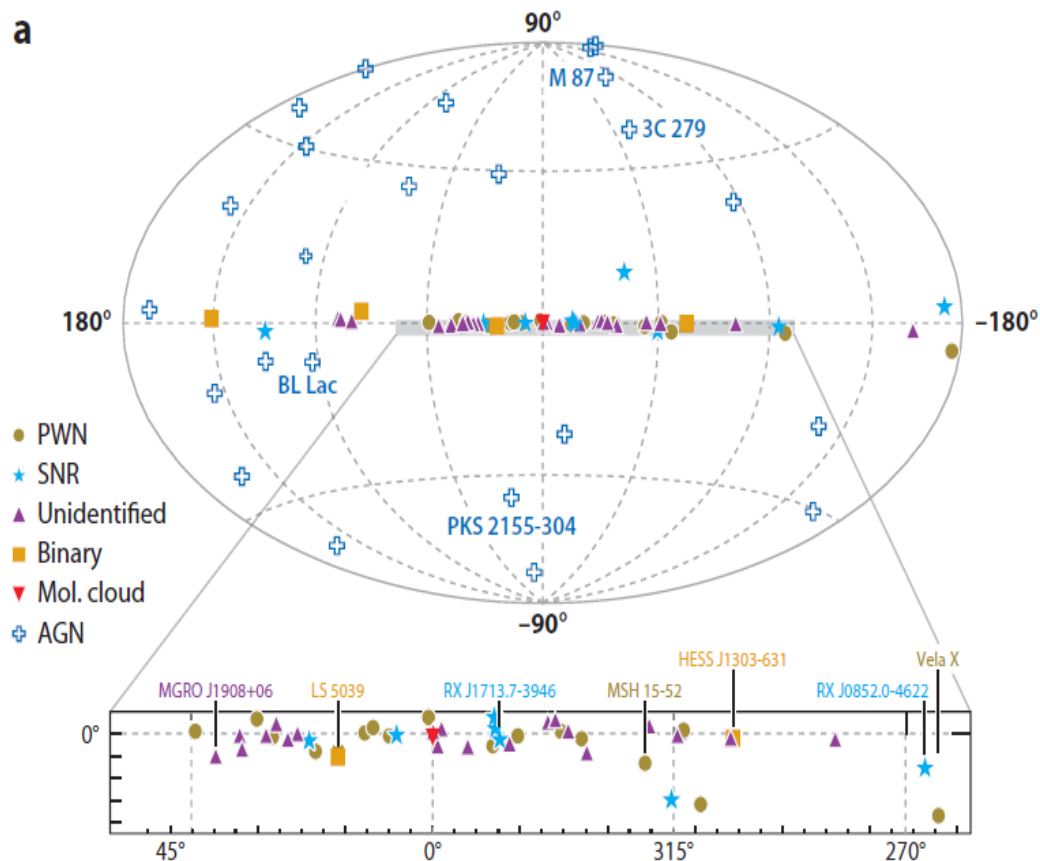


Figure 27. Schematic illustration to summarize the observations of the *Fermi* bubble structures. Two blue bubbles symmetric to the Galactic disk indicate the geometry of the gamma-ray bubbles observed by the *Fermi*-LAT. Morphologically, we see corresponding features in *ROSAT* soft X-ray maps, shown as green arcs embracing the bubbles. The *WMAP* haze shares the same edges as the *Fermi* bubbles (the pink egg inside the blue bubbles) with smaller extension in latitude. These related structures may have the same physical origin: past AGN activities or a nuclear starburst in the GC (the yellow star).

(A color version of this figure is available in the online journal.)

«Темные ускорители»

- Около 1/3 источников VHE не идентифицировано
- Основные вопросы: а) новый класс объектов или принадлежат к известным типам источников б) лептонный или адронный механизм генерации излучения



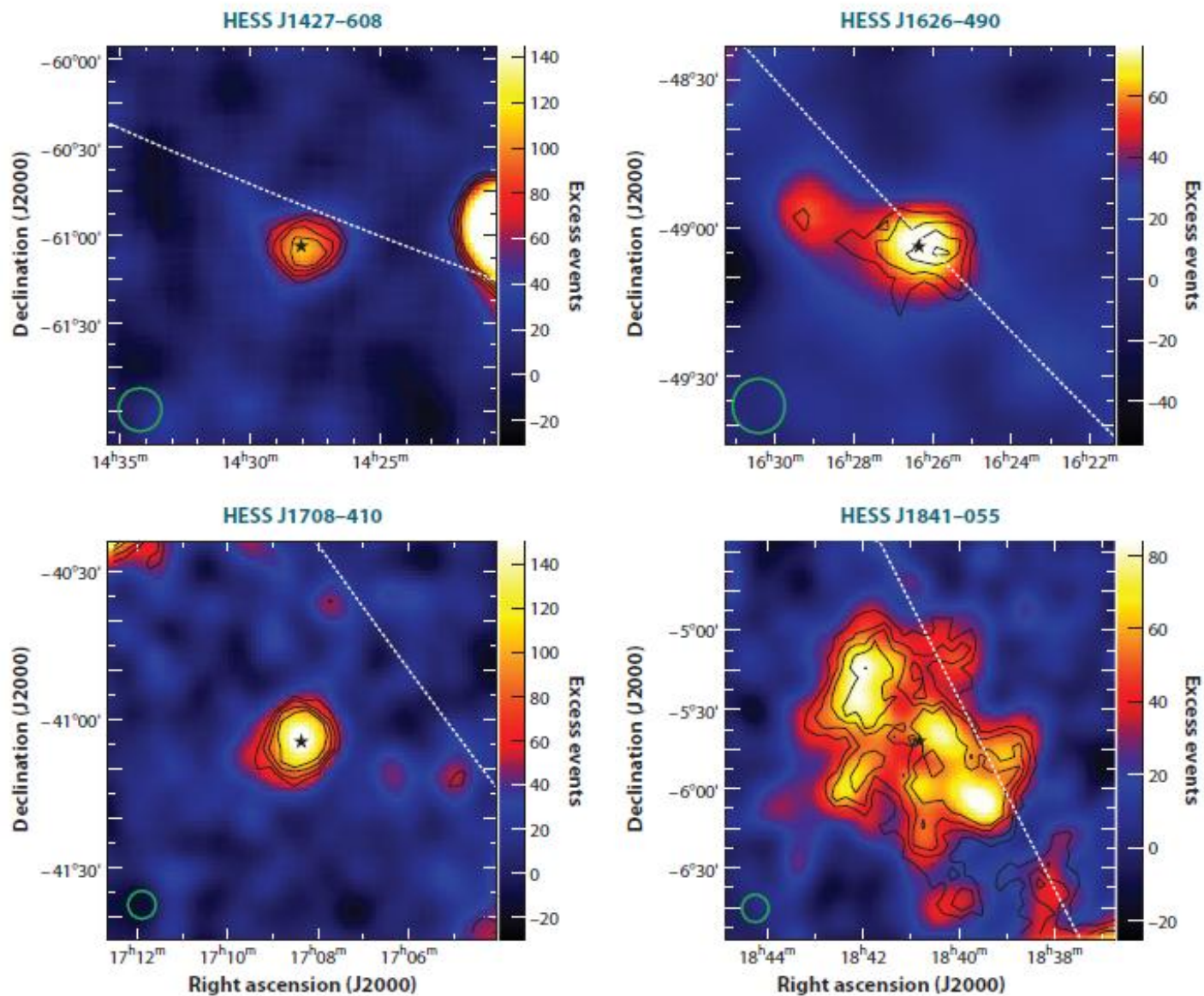


Figure 13

Selected unidentified γ -ray sources as seen by HESS. The Galactic plane is shown as a white dashed line. The smoothed PSF is indicated by a green circle at the bottom left of each image. See Aharonian et al. (2008d) for details.

- Источники протяженные (самый протяженный источник HESS J1745-303 0.3×0.5 deg)
- Многие не наблюдаются в рентгеновском и радио диапазонах (HESS J1745-303: XMM-Newton и Suzaku – ничего не найдено)
- Лептонный механизм требует очень низкого МП (чтобы был слабый синхротрон)
- адронный механизм – должны быть вторичные e^+ , e^- до $\sim$ ГэВ, - где синхротрон?
- Последние результаты: взаимодействие SNR с молекулярными облаками

CTA = Cherenkov telescope array (2018?)

- South array: 10 ГэВ – 100 ТэВ – наблюдения Галактических источников, центра Галактики, внегалактических источников
- North array: 10 ГэВ – 1 ТэВ – наблюдения внегалактических ИСТОЧНИКОВ

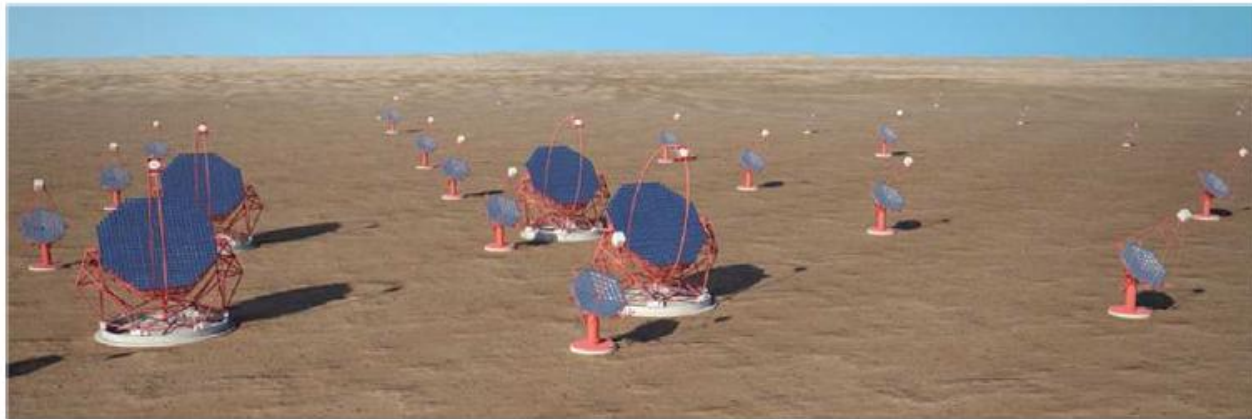


Fig. 1. The basic CTA concept. Artist's view of the central part of a possible array configuration. Four LSTs, ~30 MSTs, and ~50 SSTs, at larger distances, scattered over several square kilometres.

LST (<100 ГэВ): D=24 м, MST (0.1-10 ТэВ): D=12 м, LST (>10 ТэВ): D=6 м

- Намибия, Чили Аргентина (юг) Канары, Тибет, Аризона (север)
- Шире эн. диапазон, лучшая чувствительность и угловое разрешение

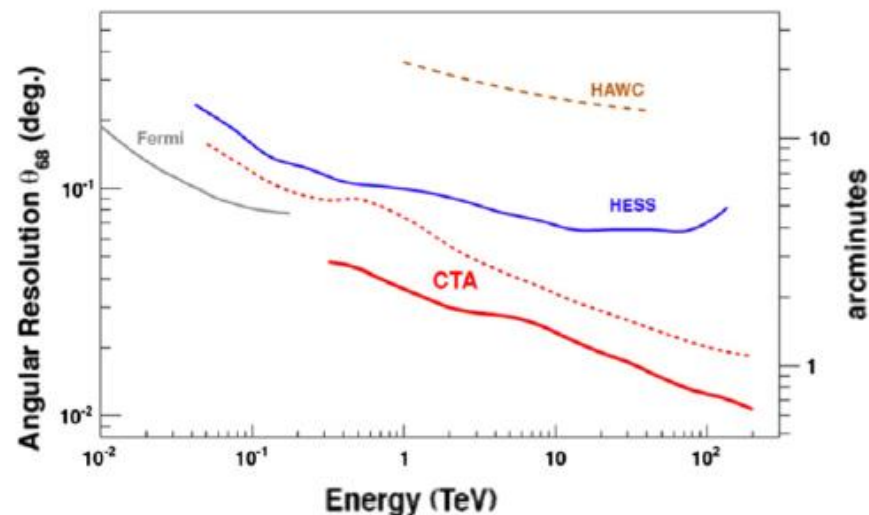
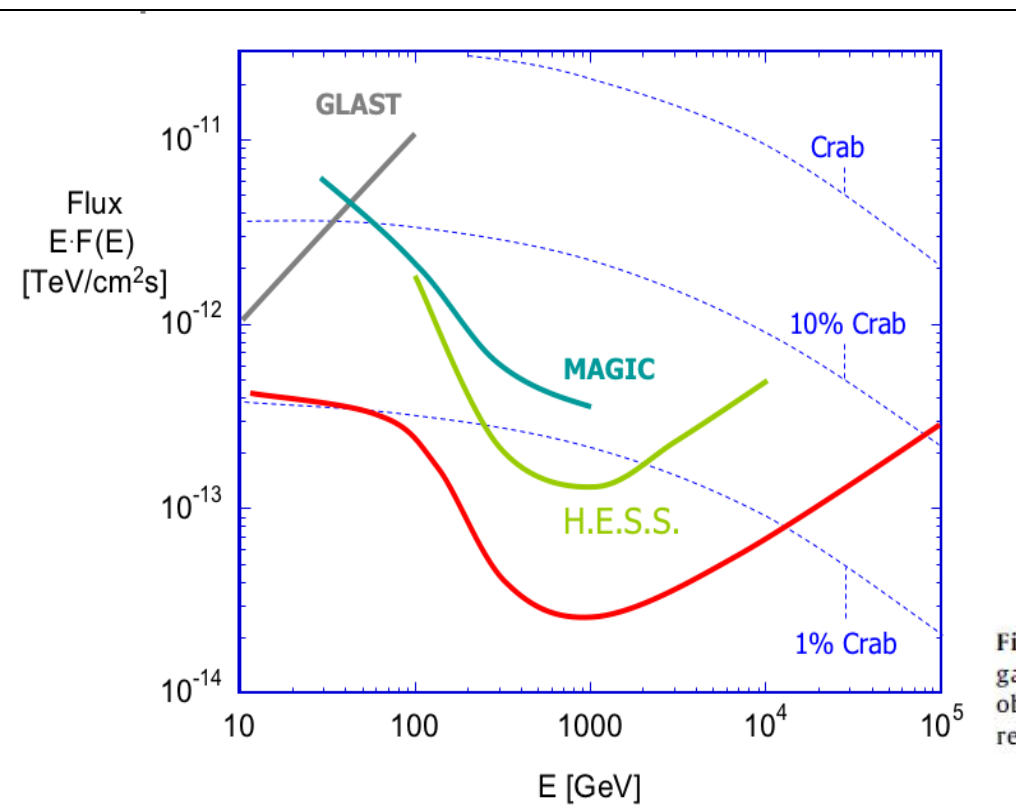


Fig. 9. Angular resolution for CTA, compared with some existing and future VHE gamma-ray observatories. The solid line provides the angular resolution of CTA obtained from events with ten or more images, the dashed line shows the angular resolution for events with only two images.

Задачи СТА

- Understanding the origin of cosmic rays and their role in the Universe
- Understanding the nature and variety of particle acceleration around black holes
- Searching for the ultimate nature of matter and physics beyond the Standard Model

Посещение

[illegible]

Задачи

	1	2	3	4	Итого
Абрамов Илья Нафталиевич	0	0	0	0	0
Бероня Дариа Милорадовна	14	15	2	2	33
Гуляев Роман Геннадьевич	0	0	0	0	0
Елфимова Евгения Петровна	0	5	7	12	24
Иванова Дарья Владимировна	15	7	2	0?	24
Ковылова Екатерина Григорьевна	13	8	1	15	37
Цурков Денис Андреевич	14	5	5	8	32

Экзамен (красным отмечены окончательные числа)

Лекция (14) **13** – 2 балла (максимум 28 **26**
баллов)

Домашнее задание (5) **4** – 15 баллов (максимум
75 **60** баллов)

Содержание экзамена в зависимости от
количества набранных баллов ($-(15+2)=-17$):

≥ 75 **58** баллов - вопросы по решенной задаче

≥ 60 **43**, но < 75 **58** - один вопрос

≥ 45 **28**, но < 60 **43** - один вопрос и задача (если
большинство домашних задач было решено,
то решенная задача)

< 45 **28** - стандартный экзамен: два вопроса и
задача

	Посещение	Задачи	Итого
Абрамов Илья Нафталиевич	26	0	26
Бероня Дария Милорадовна	24	33	57
Гуляев Роман Геннадьевич	15	0	15
Елфимова Евгения Петровна	19	24	43
Иванова Дарья Владимировна	26	24	50
Ковылова Екатерина Григорьевна	26	37	63
Цурков Денис Андреевич	26	32	58