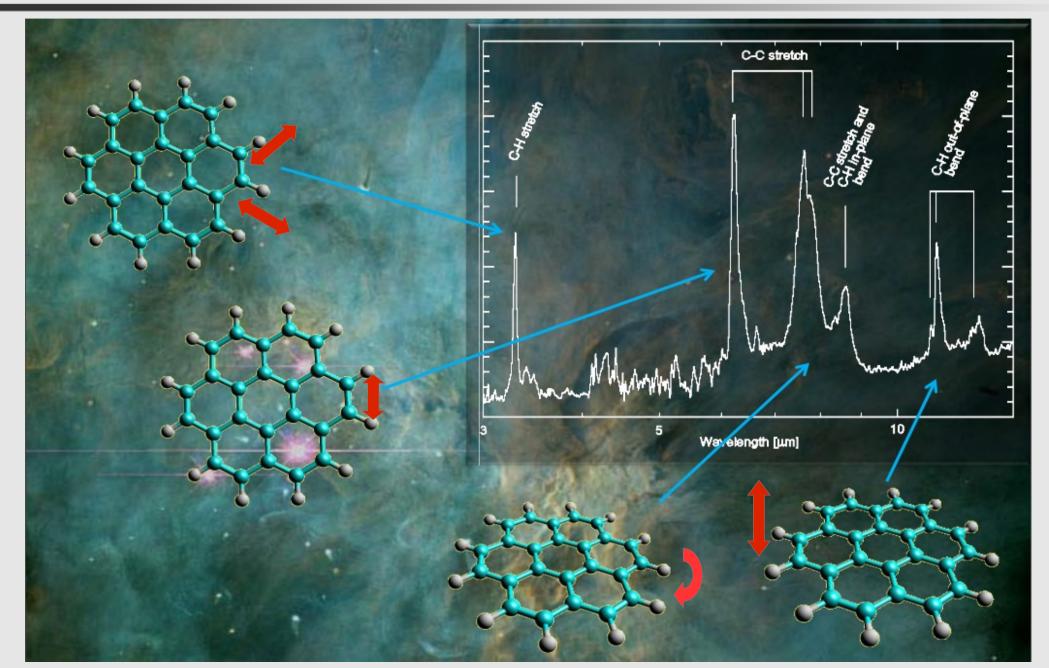




Храмцова Мария, Вибе Дмитрий







- » Повсеместны и универсальны (галактики, области звездообразования, проэволюционировавшие звезды, отражательные туманности и др.);
- Х Спектры могут могут меняться в зависимости от заряда ПАУ, размеров, состава;
- *х* Нагреваются стохастически ультрафиолетовыми фотонами;
- » Поглощают ультрафиолетовое излучение и, скорее всего, отвечают за скачок на 2175Å на кривой экстинкции;
- *х* Могут быть инфракрасными индикаторами звездообразования;
- **х** Связаны со свойствами среды металличностью,
 - СО газ, сверхновые;
 - жёсткостью межзвездного поля излучения,
 - возрастом;



- » Повсеместны и универсальны (галактики, области звездообразования, проэволюционировавшие звезды, отражательные туманности и др.);
- **х** Спектры могут могут меняться в зависимости от заряда ПАУ, размеров, состава;
- **х** Нагреваются стохастически ультрафиолетовыми фотонами;
- **х** Поглощают ультрафиолетовое излучение и, скорее всего, отвечают за скачок на 2175Å на кривой экстинкции;
- **х** Могут быть инфракрасными индикаторами звездообразования;
- **х** Связаны со свойствами среды металличностью,
 - СО газ, сверхновые;
 - жёсткостью межзвездного поля излучения,
 - возрастом;

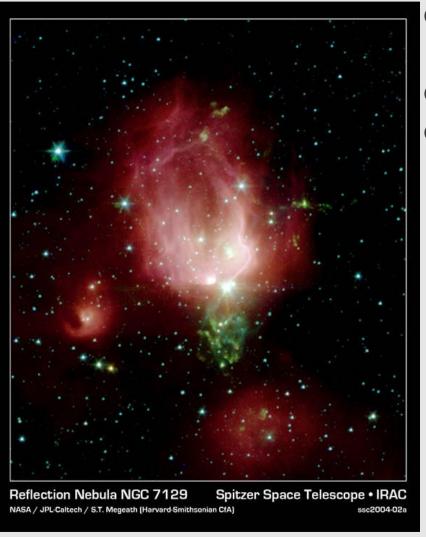
Полициклические ароматические углеводороды в космосе



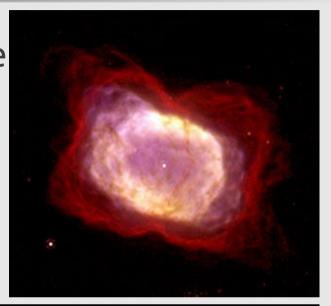


Полициклические ароматические углеводороды в космосе





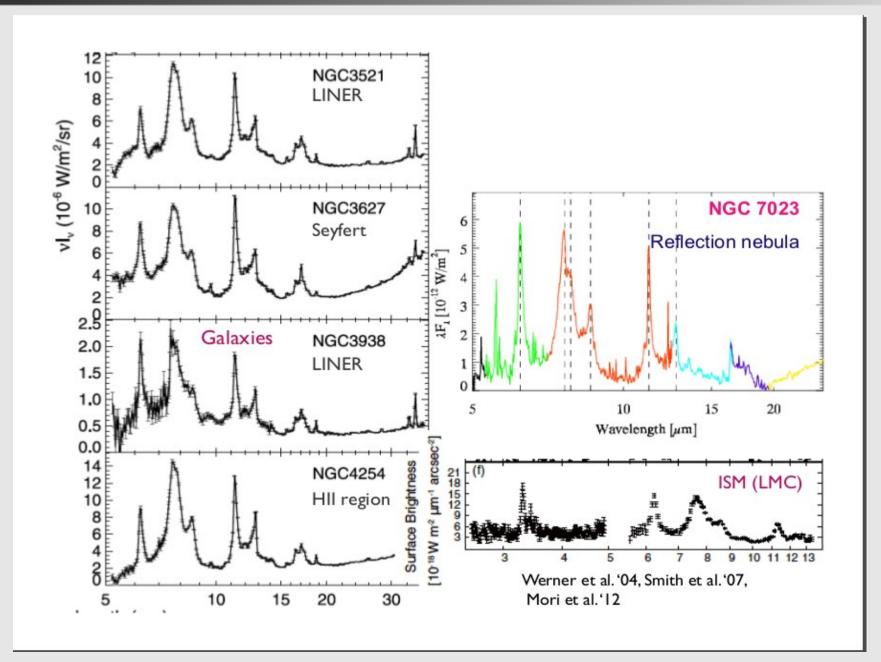
- отражательные туманности
- •звёзды
- •030





Универсальность спектров

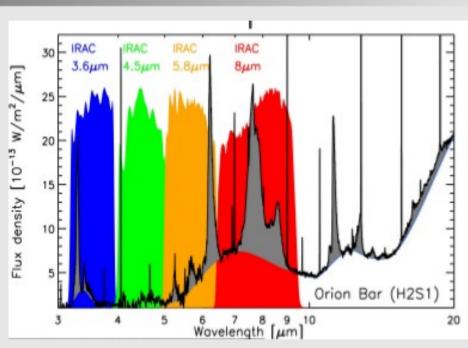


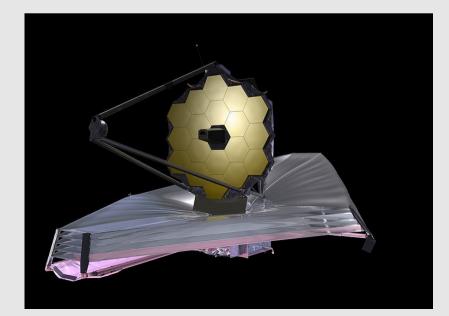


Телескопы



- ●ISO: **SWC**: 2.5-45 MKM, **ISOCAM**: 2.5-17 MKM
- •Spitzer: **IRS**: 5-38 мкм, R до 600, **IRAC +MIPS** на 3.6, 4.5, 5.8, 8.0 (<2'') и 24 мкм(6'')
- •WISE: 3.4, 4.6, 12 (6"), 22 MKM (12")
- •SOFIA: **EXES**: 4.5-28.2mkm, R ot 4000, **FORCAST**: 5.4, 6.4, 6.6, 7.7, 8.6, 11.1, 11.3, 19.7, 24.2, 31.5, 33.6, 34.8, 37.1mkm (0.75")
- •James Webb Telescope! (2018, λ: 0.6-28.5 мкм, R ~4000)





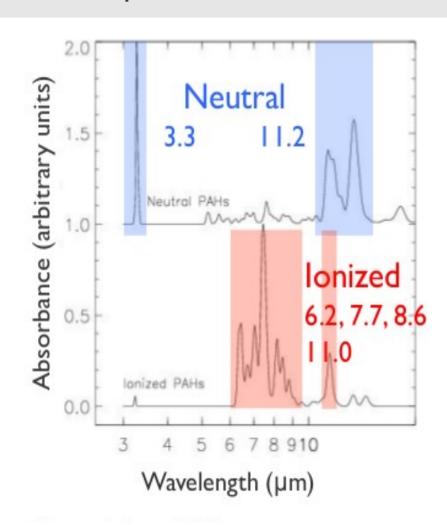


- **х** Повсеместны и универсальны (галактики, области звездообразования, проэволюционировавшие звезды, отражательные туманности и др.);
- У Спектры могут меняться в зависимости от заряда ПАУ, размеров, состава;
- **х** Нагреваются стохастически ультрафиолетовыми фотонами;
- **х** Поглощают ультрафиолетовое излучение и, скорее всего, отвечают за скачок на 2175Å на кривой экстинкции;
- **х** Могут быть инфракрасными индикаторами звездообразования;
- **х** Связаны со свойствами среды металличностью,
 - СО газ, сверхновые;
 - жёсткостью межзвездного поля излучения,
 - возрастом;

Влияние заряда на спектр

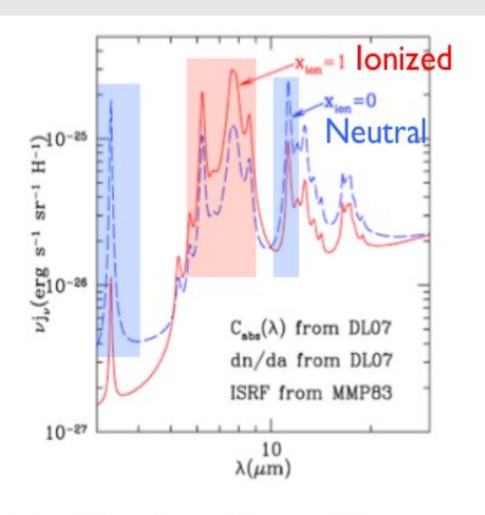


Эксперимент



Allamandola'99

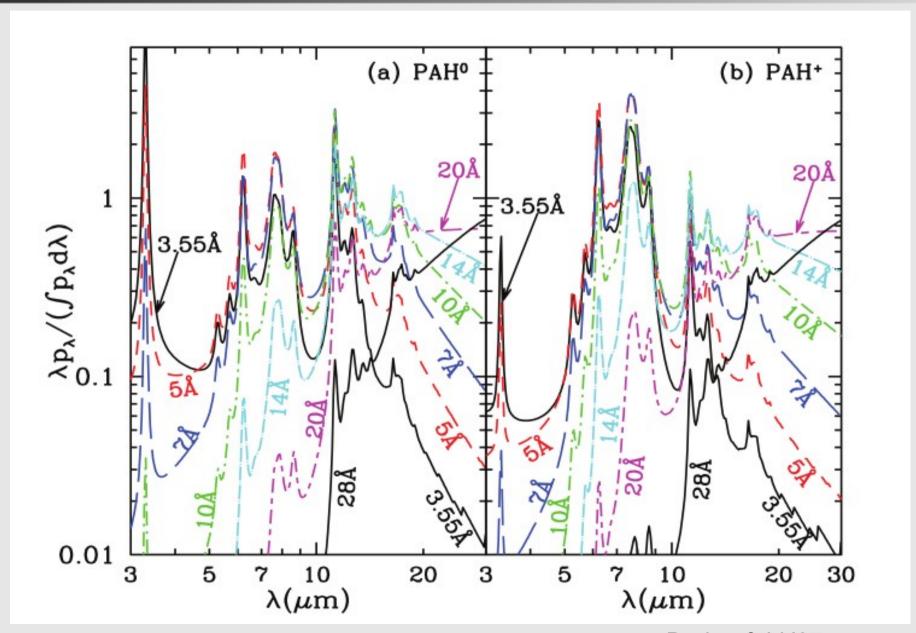
Модель



Draine'11

Влияние размера на спектр

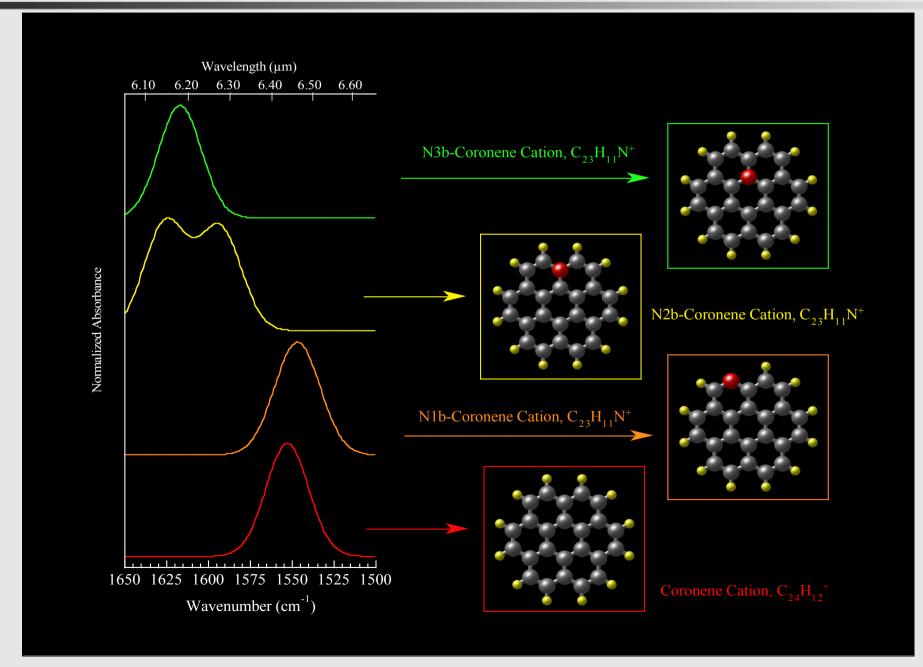




Draine & Li '07

Влияние присоединенных атомов, радикалов



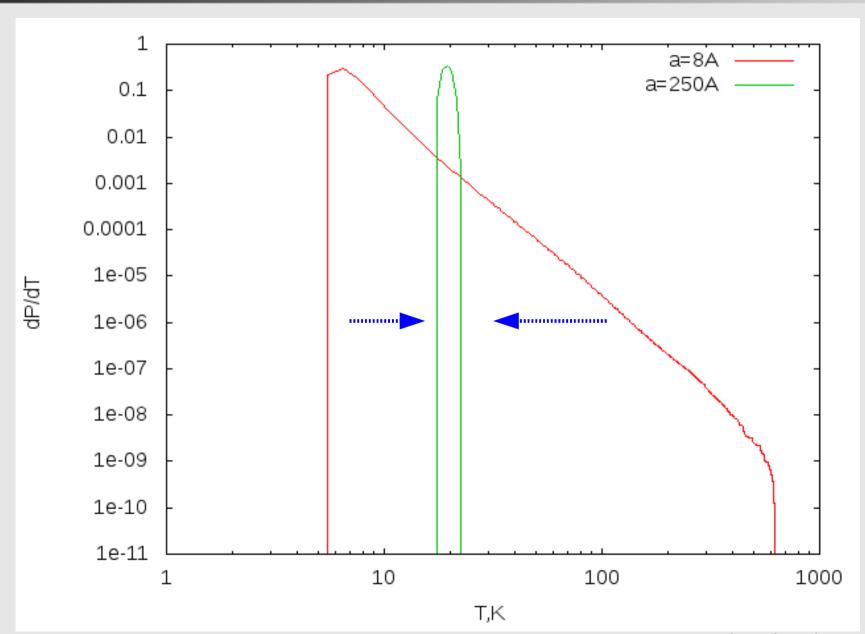




- **х** Повсеместны и универсальны (галактики, области звездообразования, проэволюционировавшие звезды, отражательные туманности и др.);
- **х** Спектры могут меняться в зависимости от заряда ПАУ, размеров, состава;
- *x* Нагреваются стохастически ультрафиолетовыми фотонами;
- **х** Поглощают ультрафиолетовое излучение и, скорее всего, отвечают за скачок на 2175Å на кривой экстинкции;
- **х** Могут быть инфракрасными индикаторами звездообразования;
- Х Связаны со свойствами среды металличностью,
 - СО газ, сверхновые;
 - жёсткостью межзвездного поля излучения,
 - возрастом;

Распределение по температурам





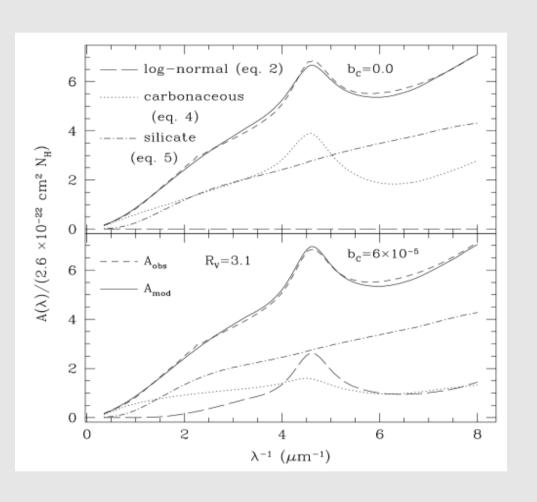
См. Pavlyuchenkov et. al.'12

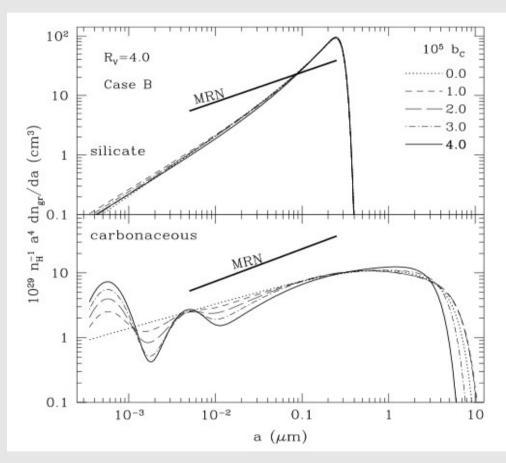


- **х** Повсеместны и универсальны (галактики, области звездообразования, проэволюционировавшие звезды, отражательные туманности и др.);
- **х** Спектры могут меняться в зависимости от заряда ПАУ, размеров, состава;
- **х** Нагреваются стохастически ультрафиолетовыми фотонами;
- » Поглощают ультрафиолетовое излучение и, скорее всего, отвечают за скачок на 2175Å на кривой экстинкции;
- **х** Могут быть инфракрасными индикаторами звездообразования;
- **х** Связаны со свойствами среды металличностью,
 - СО газ, сверхновые;
 - жёсткостью межзвездного поля излучения,
 - возрастом;

Пик на 2175Å



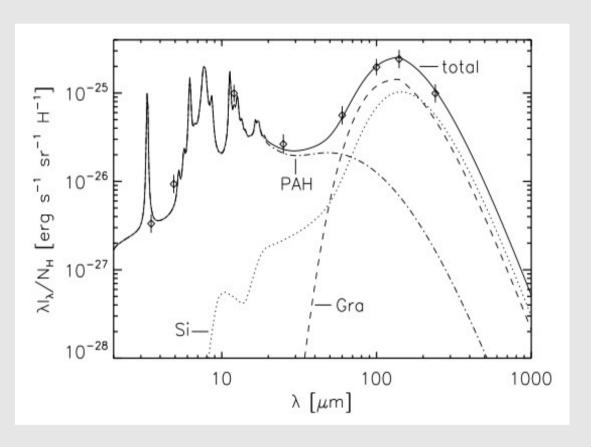


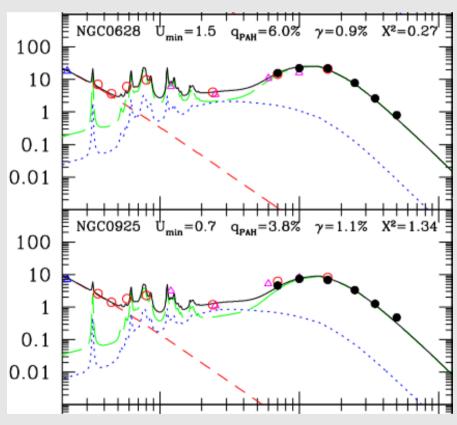


Спектр пыли



$$j_{v}(U) = \sum_{j} \int \frac{dn_{j}}{da} da \int C_{absorb}(j,a,v) B_{v}(T) \left(\frac{dP}{dT}\right)_{j,a,U}$$





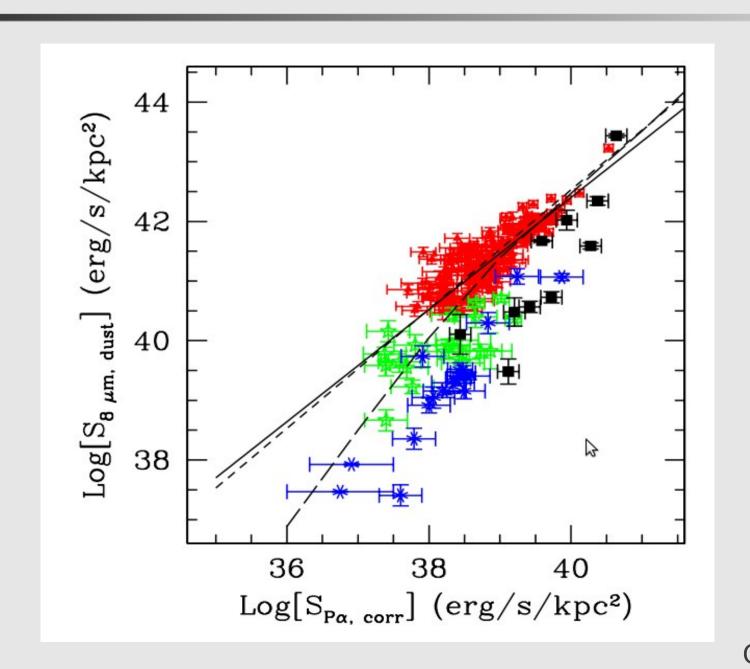
Draine & Li '07, Dale et al. '11



- **х** Повсеместны и универсальны (галактики, области звездообразования, проэволюционировавшие звезды, отражательные туманности и др.);
- Х Спектры могут меняться в зависимости от заряда ПАУ, размеров, состава;
- **х** Нагреваются стохастически ультрафиолетовыми фотонами;
- **х** Поглощают ультрафиолетовое излучение и, скорее всего, отвечают за скачок на 2175Å на кривой экстинкции;
- х Могут быть инфракрасными индикаторами звездообразования;
- **х** Связаны со свойствами среды металличностью,
 - СО газ, сверхновые;
 - жёсткостью межзвездного поля излучения,
 - возрастом;

ПАУ — индикаторы звездообразования



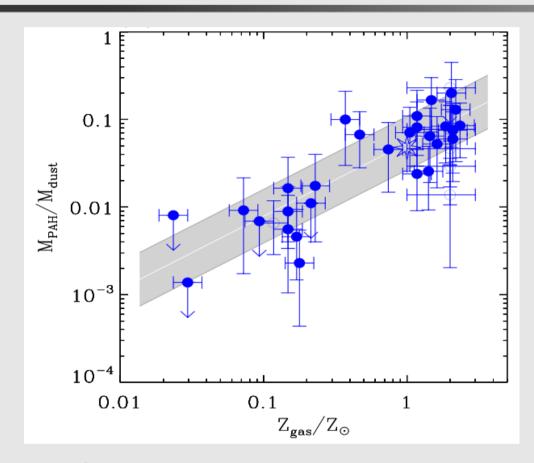




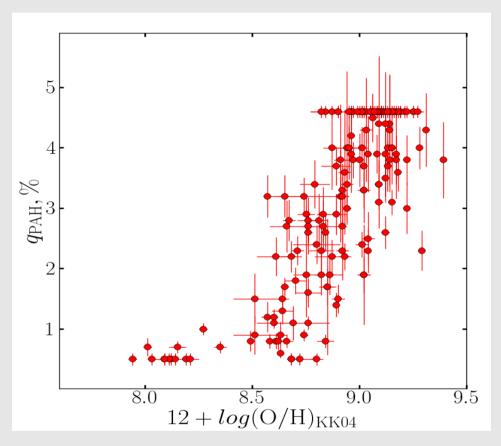
- **х** Повсеместны и универсальны (галактики, области звездообразования, проэволюционировавшие звезды, отражательные туманности и др.);
- **х** Спектры могут меняться в зависимости от заряда ПАУ, размеров, состава;
- **х** Нагреваются стохастически ультрафиолетовыми фотонами;
- **х** Поглощают ультрафиолетовое излучение и, скорее всего, отвечают за скачок на 2175Å на кривой экстинкции;
- **х** Могут быть инфракрасными индикаторами звездообразования;
- Х Связаны со свойствами среды металличностью,
 - СО газ, сверхновые;
 - жёсткостью межзвездного поля излучения,
 - возрастом;

ПАУ и металличность





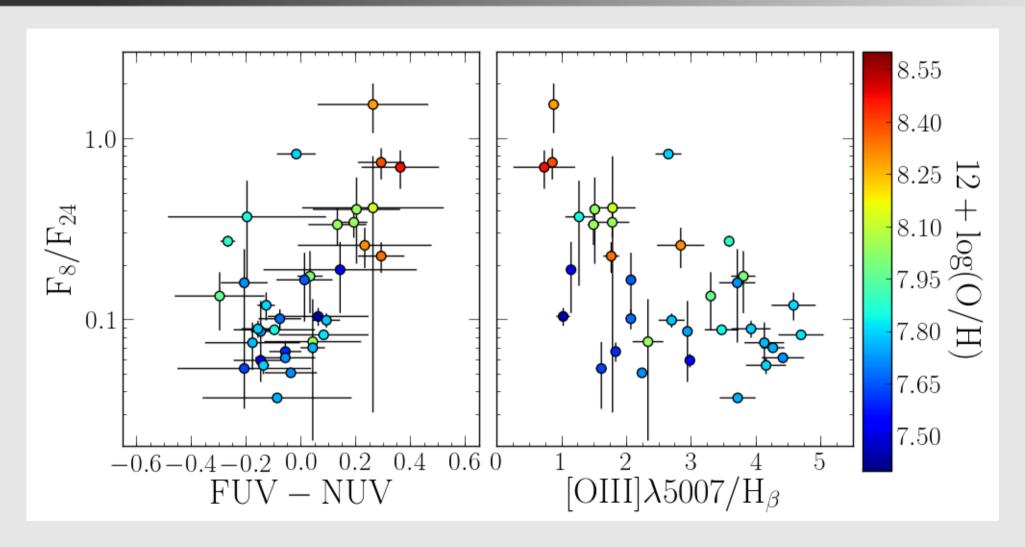
Выборка из галактик, Spitzer, Galliano et al. '08



Выборка из HII комплексов, Spitzer + Herschel, Khramtsova et al.'13

ПАУ и межзвездное поле излучения



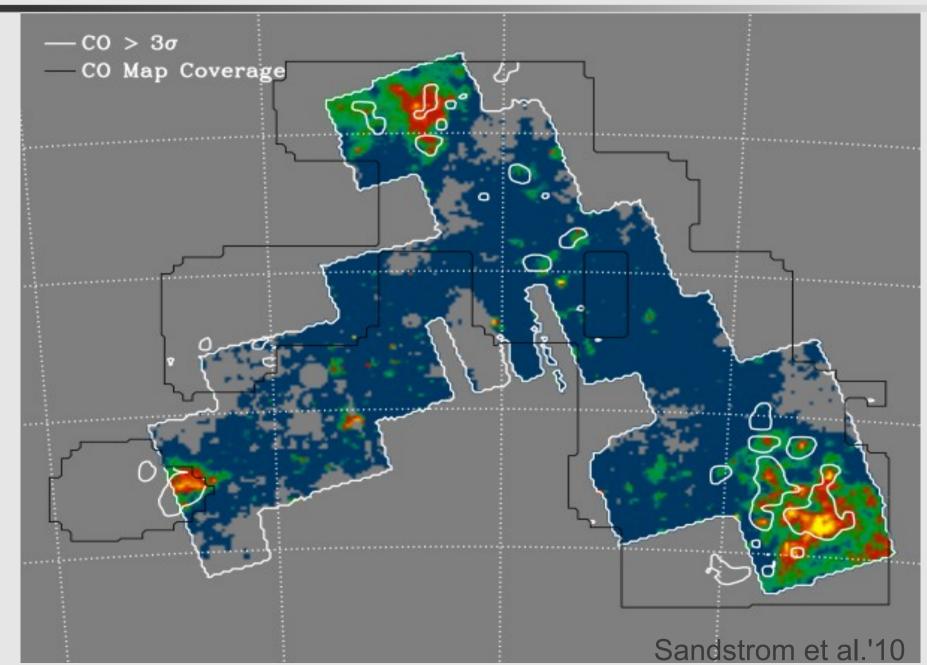


Около 40 комплексов 3О в галактиках NGC 7741, IC 1727, Holmberg II, IC 2574

Khramtsova et al. (submitted)

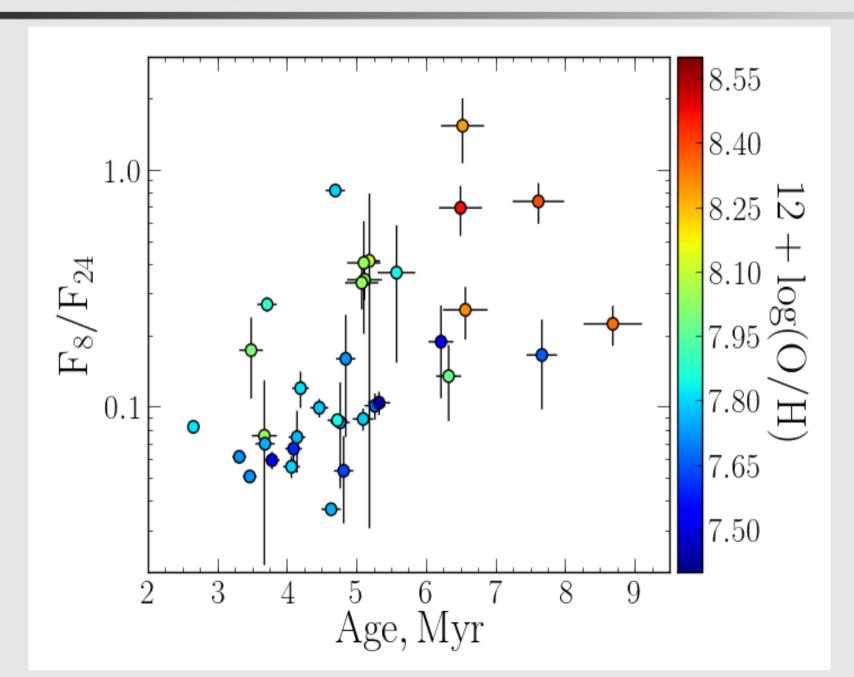
ПАУ и молекулярный газ





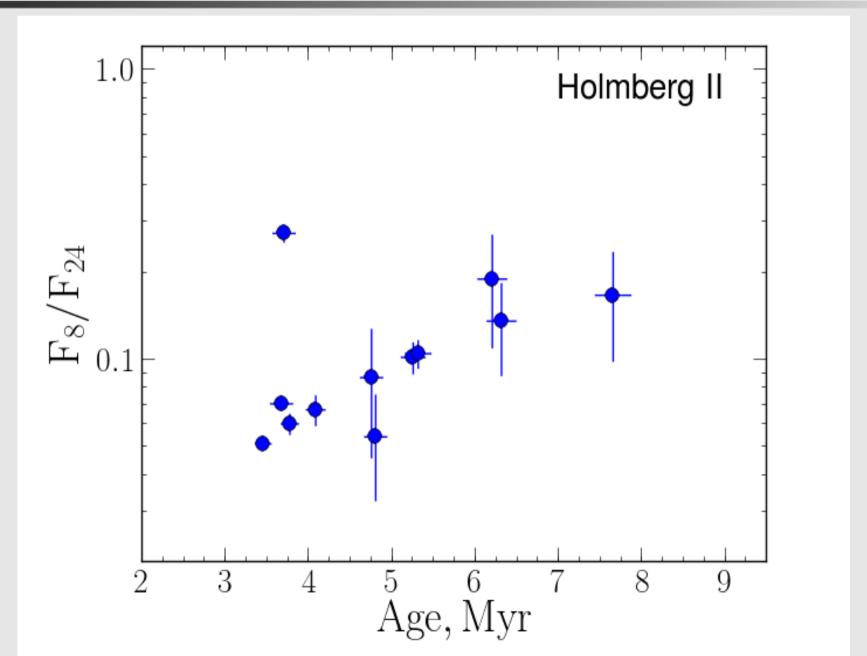
Количество ПАУ увеличивается с возрастом комплексов HII





Количество ПАУ увеличивается с возрастом комплексов HII

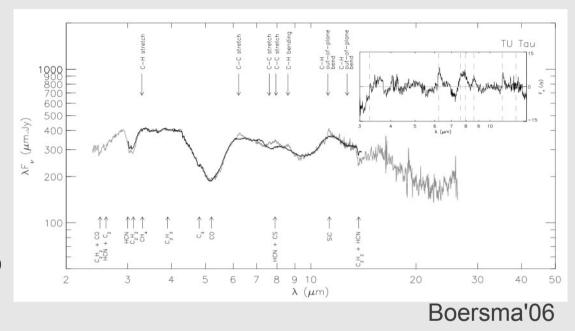




Образование и разрушение ПАУ



- Атмосферы звезд АВГ, богатых углеродом;
- Исследование Магеллановых Облаков показало, что суммарный выброс ПАУ из всех звезд АВГ недостаточен для объяснения наблюдаемого количества (Matsuura'09,'13);

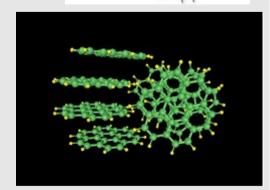


 Более того, расчеты показывают, что разрушение ударными волнами, энергичными фотонами, космическими лучами происходит эффективно в диффузной МЗС, и ПАУ при «миграции» от родительских звезд к молекулярным облакам разрушаются (Micelotta'10'11);

Образование и разрушение ПАУ



- Могут быть образованы в результате химических реакций в холодных молекулярных облаках (Parker'13);
- Фотодиссоциация мантий пылевых частиц может вести к образованию ПАУ и другой органики (Greenberg'00);
- Также могут появляться в результате разрушения более крупных пылинок или ПАУ-кластеров в результате их столкновений с энергичными частицами или друг с другом (Hirashita'13, Greenberg & Li '99);
- Лабораторные эксперименты показывают, что ПАУ-кластеры неустойчивы к ультрафиолетовому излучению и столкновениям с горячими ионами (Holm'12, Cederquist'13), поэтому они также могут быть источником ПАУ



Заключение



- Модельные спектры для лабораторных ПАУ с хорошей точностью описывают наблюдения,
- ж Но какие именно ПАУ находятся в МЗС?

- ✓ Количество ПАУ зависит от металличности среды, от жесткости межзвездного поля излучения и возраста HII комплексов,
- У Однако нет однозначного ответа, что способствует этому

- ✓ Формируются в АВГ-звездах,
- А также в молекулярных облаках, в результате разрушения крупной пыли. Какой из этих сценариев наиболее важен?

Заключение



