

СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ SBS ГАЛАКТИК. ФИЗИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ. ОБИЛИЕ КИСЛОРОДА И АЗОТА

М.В.ГЮЛЬЗАДЯН

Поступила 13 марта 2015

Принята к печати 24 июня 2015

На основе спектров из SDSS DR7 определены физические условия, а также содержание кислорода и азота в 36 галактиках SBS с УФ-избытком и/или без УФ-избытка, но с эмиссионными линиями. Установлено, что SBS 0808+578 является AGN, в то время как остальные объекты являются либо HII галактиками, либо HII областями в галактиках. Для всех этих объектов содержание кислорода $12 + \log(O/H)$ находится в интервале $7.85 \div 8.61$, а отношение обилий $\log(N/O)$ - в интервале $1.45 \div 0.4$. Они занимают на (N/O - O/H) диаграмме такую же область, как и HII области с высоким уровнем возбуждения. Галактик с высоким металлодефицитом не обнаружено. По величине $H\alpha$ потоков был определен темп звездообразования (SFR) исследуемых галактик. Значения найденных SFR, находящиеся в интервале $0.001 \div 6 M_{\odot} \text{ год}^{-1}$, близки к значениям, наблюдаемым в типичных областях звездообразования в спиральных и неправильных галактиках.

Ключевые слова: *галактики с эмиссионными линиями: UV-избыток: металличность: темп звездообразования*

1. *Введение.* Исследование физических условий и химического состава галактик имеет важное значение для понимания процессов их формирования и эволюции. Оно обусловлено тем, что химический состав галактик зависит от различного рода физических процессов, протекающих в них, таких как явление звездообразования и массообмен между ними и их окружением.

Простейшим способом изучения химического состава галактик с эмиссионными линиями является исследование HII областей в оптическом диапазоне, свечение которых обусловлено коротковолновым излучением совокупностей ранних O, B-звезд (OB-ассоциации). Определение распространенности кислорода и азота в HII областях считается более надежным, когда электронную температуру удастся определить непосредственно, используя отношение линий $OIII \lambda 4363/OIII \lambda 5007$. Этот метод называется классическим Те методом, а часто - и прямым методом. Когда указанный метод не может быть использован (в связи с отсутствием измерений требуемой слабой $[OIII] \lambda 4363$ авроральной линии в спектрах HII областей), то в качестве индикаторов содержания кислорода могут быть использованы комбинации интенсивностей сильных линий HII областей, как это делается в случае туманностей [1,2]. Этот метод, называемый обычно методом

"сильной линии", получил широкое распространение. Для выявления влияния эмиссионных линий, чувствительных к металлам, на оценки металличности или температуры, были предложены различные методы (см., напр., [3-11]). Для определения металличности, играющей ключевую роль в исследовании галактик, широко используются данные о содержании кислорода и азота.

2. *Выборка.* Второй Бюраканский Обзор (SBS), являясь продолжением маркарянского обзора, содержит галактики относительно слабых звездных величин и охватывает приблизительно 991 квадратный градус Северного неба [12]. В этой области неба были отождествлены 1865 галактик, из которых 188 являются объектами Маркаряна [13]. Основная часть интегральных данных для вышеупомянутых галактик представлена в работах [12,13]. Область неба, покрытая SBS, представлена в каталоге SDSS (Sloan Digital Sky Survey; <http://www.sdss.org>).

SDSS является одним из наиболее важных астрофизических проектов [14,15]. Его целью является фотометрическое и спектральное исследование четверти (≈ 10000 квад. град.) небесной сферы. Наблюдения проводятся на специально построенном для этого проекта 2.5-м телескопе (модифицированная система Ричи-Кретьена с полем зрения 3°) [16] в Нью-Мексико (США).

Для идентификации SBS галактик мы использовали результаты SDSS DR7 [17], взятые из <http://www.sdss.org/ds7>. Каталог насчитывает примерно 357 млн объектов до $22^m.5$. Для 930 тысяч галактик, 120 тысяч квазаров и 460 тысяч звезд получено приблизительно $1.6 \cdot 10^6$ спектров.

Выделив SBS галактики, для которых в SDSS DR7 имеются фотометрические или спектральные данные, мы сделали кросс-корреляцию между галактиками SBS и объектами в SDSS. Для 66 галактик из 1350, спектры впервые были получены в SDSS. В спектрах этих галактик наблюдаются эмиссионные линии $H\alpha$, $H\beta$, $[OII] \lambda\lambda 4959 \text{ \AA}$, 5007 \AA , $[NII] \lambda\lambda 6548 \text{ \AA}$, 6584 \AA , $[OII] \lambda\lambda 3726 \text{ \AA}$, 3729 \AA , $[OI] \lambda 6300 \text{ \AA}$, $[SII] \lambda\lambda 6717 \text{ \AA}$, 6731 \AA и т.д.

Таблица 1

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ В SBS ГАЛАКТИКАХ

SBS	$F_{corr} (H\beta)$	$A(H\alpha)$	$I(H\gamma)$	$I[OII] \lambda 3727$	$I[OIII] \lambda 4959$	$I[OIII] \lambda 5007$	$I[NII] \lambda 6548$	$I[NII] \lambda 6584$	$I[SII] \lambda 6717$	$I[SII] \lambda 6731$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0800+542	519.46	0.72	0.20	1.84	0.30	0.91	0.24	0.87	0.55	0.43
0806+573	225.24	0.82	0.14	1.04	0.37	0.23	0.25	0.81	0.60	0.46
0807+568	1940.04	2.14	0.07	1.54	0.22	0.25	0.34	1.22	0.47	0.37
0808+573	3215.32	1.78	0.16	2.52	2.33	7.16	1.06	3.29	0.56	0.65
0819+573	491.44	0.61	0.29	1.47	0.36	1.18	0.17	0.51	0.49	0.43

Таблица 1 (Окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0819+575	1348.00	1.05	0.26	1.87	0.24	0.73	0.27	0.84	0.60	0.44
0826+582B	2506.26	1.97	0.24	0.70	0.08	0.21	0.32	1.06	0.36	0.27
0830+590	906.53	1.47	0.11	3.02	0.09	0.18	0.32	1.11	0.35	0.30
0831+608	888.63	1.49		0.95	0.10	0.16	0.29	0.94	0.36	0.29
0837+578	175.75	0.61	0.02	1.68	0.23	0.70	0.23	0.81	0.73	0.51
0843+582	1341.85	1.10	0.20	0.80	0.07	0.22	0.33	0.91	0.42	0.33
0925+505	66.93	0.23		0.86	0.17	0.36	0.29	1.06	0.65	0.48
0928+577B	2008.31	1.30	0.04	0.50	0.28	0.11	0.43	1.29	0.26	0.24
0941+521	32.28	-0.03	0.04	1.26	0.44	1.13	0.09	0.46	0.64	0.43
0958+599	109.47	-0.15	0.16	0.00	0.62	1.89	0.08	0.34	0.56	0.41
1010+593	152.13	0.47	0.11	2.03	0.27	0.68	0.22	0.80	0.62	0.41
1020+571	185.30	-0.37	0.35	0.00	0.73	1.97	0.03	0.15	0.35	0.26
1108+515	174.04	0.72	0.16	2.29	0.72	2.23	0.07	0.24	0.53	0.33
1135+575	750.69	1.23	0.19	0.72	0.16	0.12	0.33	1.07	0.21	0.23
1208+566	307.87	0.79	0.26	0.75	0.07	0.21	0.44	1.36	0.41	0.38
1243+541	44.54	-0.42	0.03	1.51	0.21	0.77	0.14	0.42	0.60	0.49
1309+534B	403.85	0.22	0.31	1.69	0.33	1.04	0.17	0.64	0.49	0.39
1403+559	809.37	0.96	0.18	1.82	0.28	0.86	0.22	0.66	0.55	0.43
1411+546A	240.85	0.17	0.31	0.00	0.96	2.84	0.06	0.22	0.36	0.27
1418+514	2033.93	0.93	0.36	1.63	0.23	0.64	0.29	0.90	0.44	0.33
1438+507A	482.06	0.61	0.25	1.39	0.21	0.55	0.28	0.90	0.52	0.40
1443+584	512.45	1.12	0.30	1.08	0.11	0.26	0.29	0.95	0.47	0.31
1451+517	251.57	1.23		1.20	0.00	0.23	0.43	1.17	0.41	0.28
1458+600B	638.67	0.75	0.26	2.22	0.38	1.17	0.15	0.54	0.57	0.41
1505+607	1161.07	0.58	0.29	1.30	0.17	0.48	0.26	0.84	0.49	0.36
1515+506	620.76	1.21	0.25	1.48	0.25	0.30	0.29	1.01	0.43	0.32
1515+556	56.16	-0.38	0.14	1.98	0.56	1.23	0.14	0.36	0.57	0.45
1528+509A	792.98	0.72	0.28	1.66	0.21	0.63	0.28	0.86	0.47	0.32
1539+505	762.79	1.38	0.12	0.87	0.39	0.16	0.29	0.96	0.42	0.28

Из 66 SBS галактик лишь у 36 эквивалентная ширина линии H β больше двух. Учитывая надежность спектральных данных указанных 36 галактик, было сделано детальное спектрофотометрическое исследование для определения физических условий и химического состава.

В табл.1 приведены F_{corr} (H β), A (H α) и относительные интенсивности вышеупомянутых линий.

3. *Исследование спектров SBS галактик.* Спектры исследованных галактик взяты из сайта SDSS DR7. Линейные размеры объектов, наблюдавшихся с диафрагмой 3", находятся в пределах от 10.45 до 0.232 кпк. При вычислении абсолютного потока эмиссионных линий были учтены влияние покраснения в континууме и эффект абсорбционных компонентов спектральных линий, обусловленный звездной составляющей. Чтобы различить галактики с звездообразованием (SF) от ядер активных галактик

(AGN), мы использовали критерий Ли [18], (см., также [19,20]). Для этих галактик зависимость $[NII]/H\alpha - [OIII]/H\beta$ на двумерной диаграмме классификации показана на рис.1.

Для классификации SBS галактик, в которых эквивалентные ширины линий $[NII]$ или $[OIII]$ были меньше 2 \AA , мы использовали критерии Хо [21]. Эти галактики классифицируются как SF объекты, если в их спектрах $[OI] \lambda 6300/H\alpha < 0.08$, $[NII] \lambda 6584/H\alpha < 0.6$ и $[SII] \lambda\lambda 6717, 6731/H\alpha < 0.4$. В результате анализа выяснилось, что за исключением объекта SBS 0808+573, который классифицируется как AGN, остальные 35 объектов являются SF галактиками, излучение которых имеет тепловую природу.

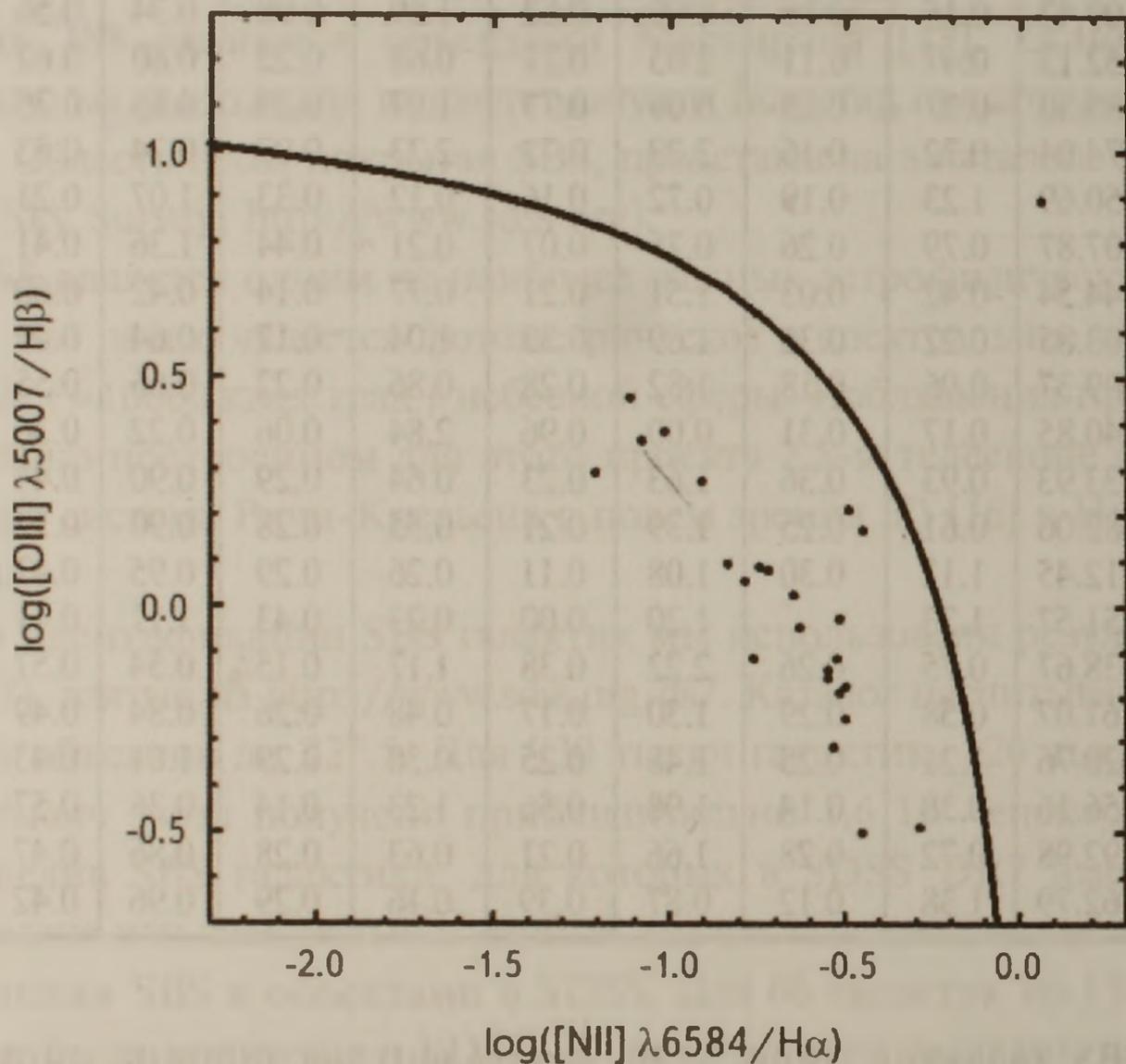


Рис.1. Распределение SBS галактик на двумерной $[NII]/H\alpha - [OIII]/H\beta$ классификационной диаграмме. Справа от линии диапазон AGN, а слева диапазон SF галактик ([18] Lee и др. 2007).

Согласно [13], из 36 исследованных галактик, 25 галактик обладают эмиссионными линиями, а 11 - еще и ультрафиолетовым избытком, причем у одного из них он выражен сильно, у трех - умеренно и у семи - слабо [12].

4. *Темп звездообразования в ядерных областях SBS галактик.* Исследованию процесса формирования звезд в ядерных областях галактик посвящено много работ (см., напр., [21,22]). Для значительной части галактик темп звездообразования (Star Formation Rate - SFR) в этих областях невелик и в среднем находится в интервале $\sim 0.1 \div 0.15 M_{\odot} \text{ год}^{-1}$

([21,23]. Большие значения SFR в основном наблюдаются в галактиках, которые имеют сильное инфракрасное излучение. Высокий уровень звездообразования в этих объектах сочетается с переизлучением пылевой составляющей и молекулярными компонентами УФ-излучения молодых звезд [24].

Известно, что ионизация водорода в основном обусловлена УФ-излучением молодых массивных ($M \geq 10 M_{\odot}$) звезд. В связи с этим

Таблица 2

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ SBS ГАЛАКТИК

SBS	$E_W(\text{H}\alpha)$	$F(\text{H}\alpha)$ (10^{-17} эрг $\text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$)	$A(\text{H}\alpha)$	FWHM (H α)	D (Мпк)	$1''.5 - r$ (пк)	$L(\text{H}\alpha)$ (эрг с^{-1})	NLyC	N(OIV)	SFR (M_{\odot} год $^{-1}$)	SFR кпк $^{-2}$
0800+542	34.31	1485.64	0.72	211.03	160.64	1168.21	4.601E+40	3.314E+52	3314	0.36	0.34
0806+573	21.79	644.19	0.82	178.83	102.54	745.69	8.128E+39	5.854E+51	585	0.06	0.15
0807+568	30.53	5548.53	2.14	253.01	177.86	1293.46	2.106E+41	1.517E+53	15172	1.66	1.27
0808+573	33.39	9195.81	1.78	701.92	334.01	2428.99	1.231E+42	8.867E+53			
0819+573	50.16	1405.51	0.61	175.91	106.54	774.80	1.915E+40	1.379E+52	1379	0.15	0.32
0819+575	49.42	3855.28	1.05	204.68	106.23	772.53	5.221E+40	3.76E+52	3760	0.41	0.88
0826+582B	35.31	7167.90	1.97	227.00	160.50	1167.21	2.216E+41	1.596E+53	15960	1.75	1.64
0830+590	37.53	2592.68	1.47	295.54	493.06	3585.60	7.563E+41	5.448E+53	54478	5.98	0.59
0831+608	23.38	2541.49	1.49	222.59	320.04	2327.41	3.124E+41	2.25E+53	22500	2.47	0.58
0837+578	15.17	502.64	0.61	166.54	102.64	746.45	6.355E+39	4.577E+51	458	0.05	0.11
0843+582	36.77	3837.68	1.1	191.22	111.21	808.74	5.696E+40	4.102E+52	4102	0.45	0.88
0925+505	14.7	191.43	0.23	193.23	232.81	1693.06	1.245E+40	8.968E+51	897	0.10	0.04
0928+577B	19.55	5743.76	1.3	213.39	115.97	843.32	9.269E+40	6.676E+52	6676	0.73	1.31
0941+521	20.08	91.31		169.85	136.78	994.69	2.05E+39	1.477E+51	148	0.02	0.02
0958+599	26.13	295.64		166.94	44.15	321.09	6.916E+38	4.982E+50	50	0.01	0.07
1010+593	21.7	435.10	0.47	185.23	119.75	870.86	7.488E+39	5.393E+51	539	0.06	0.10
1020+571	39.13	458.50		165.17	15.97	116.12	1.403E+38	1.01E+50	10	0.00	0.10
1108+515	39.41	497.76	0.72	173.85	107.32	780.46	6.88E+39	4.955E+51	496	0.05	0.11
1135+575	26.64	2146.98	1.23	211.42	264.26	1921.78	1.799E+41	1.296E+53	12959	1.42	0.49
1208+566	28.51	880.50	0.79	205.78	202.60	1473.34	4.337E+40	3.124E+52	3124	0.34	0.20
1243+541	15.53	107.88		169.82	118.98	865.22	1.8325E+39	1.32E+51	132	0.01	0.02
1309+534B	4658	115.00	0.22	177.31	114.32	831.35	1.8113E+40	1.305E+52	1305	0.14	0.26
1312+522	24.53	1196.18	0.84	180.85	129.82	944.10	2.4193E+40	1.743E+52	1743	0.19	0.27
1355+544A	38.65	403.01		174.83	102.26	743.65	5.0571E+39	3.643E+51	364	0.04	0.09
1403+559	37.21	2314.81	0.96	185.33	141.41	1028.36	5.5546E+40	4.001E+52	4001	0.44	0.53
1411+546A	72.7	688.83	0.17	173.48	26.40	191.99	5.7611E+38	4.15E+50	41	0.00	0.16
1418+514	107.49	15817.04	0.93	203.14	247.82	1802.22	4.2872E+41	3.088E+53	30879	3.39	1.33
1438+507A	43.63	1378.69	0.61	202.08	259.04	1883.80	1.1102E+41	7.996E+52	7996	0.88	0.31
1443+584	25.52	1465.61	1.12	203.56	113.15	822.87	2.2518E+40	1.622E+52	1622	0.18	0.33
1451+517	21.73	719.18	1.23	248.95	654.43	4759.13	3.6977E+41	2.663E+53	26633	2.92	0.16
1458+600B	49.04	1826.60	0.75	217.45	154.59	1124.24	5.2385E+40	3.773E+52	3773	0.41	0.42
1505+607	63.66	3320.66	0.58	212.46	173.28	1260.12	1.1965E+41	8.618E+52	8618	0.95	0.76
1515+506	45.56	1775.36	1.21	263.71	442.56	3218.36	4.1726E+41	3.005E+53	30054	3.30	0.41
1515+556	16.44	138.29		164.94	106.54	774.80	1.8837E+39	1.357E+51	136	0.01	0.03
1528+509A	66	2267.92	0.72	223.74	277.58	2018.64	2.097E+41	1.51E+53	15104	1.66	0.52
1539+505	25.42	21.81.59	1.38	239.96	273.20	1986.75	1.9539E+41	1.407E+53	14074	1.54	0.50

интенсивность рекомбинационных линий водорода может отражать текущий темп звездообразования в галактиках. Поскольку излучение изучаемых нами галактик в основном тепловое, и в спектрах этих объектов наблюдается эмиссионная линия $H\alpha$, то эту линию можно использовать для определения SFR [25].

В табл.2 представлены некоторые физические характеристики этих галактик.

5. *Звездное население.* О количестве звезд ионизирующих газовую среду в галактиках можно судить по интенсивности эмиссионной линии $H\beta$. По Остерброку [26], существует прямая корреляция между $L(H\beta)$ и количеством квантов лаймановского континуума LyC , испускаемых в основном звездами раннего типа. В предположении, что указанные кванты излучаются преимущественно звездами класса $O7V$, оценивалось количество звезд в исследуемых областях. Значение количества LyC квантов, излучаемых одной звездой класса $O7V$, взято из работы [27]. Следует отметить, что данный расчет звезд выполнялся в SDSS спектрах в области $1''.5$ углового радиуса. Наибольшее количество звезд $O7V$ класса (N_{O7V}) - более 54000, было получено для галактики SBS 0830+590. Для 10 SBS галактик количество звезд класса $O7V$ больше 10000. Эти значения также включены в табл.2.

6. *Электронная плотность. Содержание кислорода и азота.* Наиболее характерной особенностью химического состава галактик является обилие кислорода (см., напр., [6,28]) и азота (см., напр., [29]). Их содержание в галактиках определяется по относительным интенсивностям эмиссионных линий в оптическом диапазоне. Упомянутый выше метод T_e ("direct method" [7,30,31]) основан на измерении электронной температуры t_3 в $[OIII]$ области и электронной температуры t_2 в $[OII]$ области. Отношение $[OIII]\lambda\lambda 4959, 5007/[OIII]\lambda 4363$ обычно используется для определения t_3 (метод Амбарцумяна), в то время как отношения $[NII]\lambda\lambda 6548, 6584/[NII]\lambda 5755$ и $[OII]\lambda\lambda 3726, 3729/[OII]\lambda\lambda 7320, 7330$ - для определения t_2 . Следует отметить, что в областях с высокой металличностью линии $[OIII]\lambda 4363$ и $[NII]\lambda 5755$ очень слабые. В таких случаях, содержание кислорода определяют эмпирически, путем большого числа измерений прямым методом.

В спектрах наших галактик эквивалентная ширина эмиссионной линии $[OIII]\lambda 4363$ мала и не используется. В таких случаях особенно популярны и часто используются эмпирические зависимости, предложенные в работах [1,2]. Для определения содержания кислорода в галактиках при помощи эмпирического метода, в качестве основной наблюдательной характеристики берется отношение $R_{23} = ([OII]\lambda\lambda 3726, 3729 + [OIII]\lambda\lambda 4959, 5007)/H\beta$.

Для 32 из 36 галактик нашей выборки было рассчитано содержание кислорода и азота. Для определения электронных температур ионов O^{++} ,

O^+ и N^+ , использовался эмпирический метод, предложенный в работе [32]. Для этого брались запрещенные линии $[OII]$ $\lambda\lambda$ 3726, 3729; $[OIII]$ $\lambda\lambda$ 4959, 5007, $[NII]$ $\lambda\lambda$ 6548, 6584 и $[SII]$ $\lambda\lambda$ 6717, 6731.

Для дальнейшего изложения введем следующие обозначения.

$$R_2 = [OII](\lambda 3727 + \lambda 3729) = I_{[OII](\lambda 3727 + \lambda 3729)} / I_{H\beta},$$

$$N_2 = [NII](\lambda 6548 + \lambda 6584) = I_{[NII](\lambda 6548 + \lambda 6584)} / I_{H\beta},$$

$$S_2 = [SII](\lambda 6717 + \lambda 6731) = I_{[SII](\lambda 6717 + \lambda 6731)} / I_{H\beta},$$

$$R_3 = [OIII](\lambda 4959 + \lambda 5007) = I_{[OIII](\lambda 4959 + \lambda 5007)} / I_{H\beta}.$$

$$P = R_3 / (R_3 + R_2)$$

$$t_2 = T[OII] \times 10^{-4}.$$

Известно, что $[OII]$, $[NII]$, $[SII]$ линии появляются примерно при одинаковой температуре. Связь между t_2 электронной температурой в области O^+ и t_3 электронной температурой в области O^{++} дается формулой: $t_2 = 0.672t_3 + 0.314$ [33].

Индикатором t_2 являются $\log(N_2/R_2)$ и $\log(S_2/R_2)$, а для t_3 - как P , так и $\log(R_3)$.

Мы использовали предложенную в [32] ONS калибровку, при которой в качестве индикаторов температуры и металличности используются отношения N_2/R_2 и S_2/R_2 . Как это предлагается в работе [32], области возникновения отмеченных линий были разделены на три отдельных класса [32]:

1) ($\log N_2 > -0.1$): (холодный)

$$t_{ONS} = 1/[1.111 + 0.505P - 0.446 \log R_3 + 0.081 \log(N_2/R_2) - 0.008 \log(S_2/R_2)],$$

$$12 + \log(O/H)_{ONS} = 8.277 + 0.657P - 0.399 \log R_3 - \\ - 0.061 \log(N_2/R_2) + 0.005 \log(S_2/R_2),$$

$$12 + \log(N/H)_{ONS} = 7.811 + 0.290P - 0.081 \log R_3 + \\ + 0.877 \log(N_2/R_2) + 0.002 \log(S_2/R_2),$$

2) ($\log N_2 < -0.1$, $\log(N_2/S_2) > -0.25$): (среднетепловой)

$$t_{ONS} = 1/[1.325 - 0.007P - 0.229 \log R_3 + 0.362 \log(N_2/R_2) - 0.173 \log(S_2/R_2)],$$

$$12 + \log(O/H)_{ONS} = 8.816 - 0.733P + 0.454 \log R_3 + \\ + 0.710 \log(N_2/R_2) - 0.337 \log(S_2/R_2),$$

$$12 + \log(N/H)_{ONS} = 8.241 - 0.781P + 0.612 \log R_3 + \\ + 1.455 \log(N_2/R_2) - 0.209 \log(S_2/R_2),$$

3) ($\log N_2 < -0.1$, $\log(N_2/S_2) < -0.25$): (горячий)

$$t_{ONS} = 1/[1.318 - 0.649P + 0.283 \log R_3 + 0.115 \log(N_2/R_2) + 0.151 \log(S_2/R_2)],$$

$$12 + \log(O/H)_{ONS} = 8.774 - 1.855P + 1.517 \log R_3 +$$

$$+ 0.304 \log(N_2/R_2) + 0.328 \log(S_2/R_2),$$

$$12 + \log(N/H)_{\text{ONS}} = 8.080 - 1.476 P + 1.349 \log R_3 +$$

$$+ 1.259 \log(N_2/R_2) + 0.004 \log(S_2/R_2).$$

В табл.3 приводятся результаты, полученные для электронной температуры, обилия кислорода и азота. Из данных, касающихся содержания кислорода и азота, можно заключить, что среди исследованных галактик

Таблица 3

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПЛОТНОСТИ, ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ
И СОДЕРЖАНИЕ КИСЛОРОДА И АЗОТА В SBS ГАЛАКТИКАХ

SBS	n_e	T[OII]	T[OIII]	12+Log(O/H)	12+Log(N/H)	log(O/N)
0800+542	204	8607	8135	8.44	7.42	1.02
0806+573	174	7679	6754	8.54	7.64	0.90
0807+568	193	7669	6739	8.48	7.61	0.88
0808+573	1194	9953	10138	8.22	7.83	0.40
0819+573	397	8806	8431	8.46	7.29	1.17
0819+575	125	8453	7906	8.45	7.41	1.04
0826+582B	138	6943	5659	8.60	7.90	0.70
0830+590	298	7428	6382	8.44	7.27	1.17
0831+608	249	7051	5820	8.58	7.72	0.86
0837+578	65	8355	7761	8.47	7.43	1.04
0843+582	199	7028	5785	8.60	7.80	0.80
0925+505	122	7433	6389	8.55	7.81	0.74
0928+577B	499	6858	5533	8.61	8.14	0.48
0941+521	20	10063	10302	7.94	6.91	1.04
0958+599	135					
1010+593	<10	8531	8022	8.45	7.34	1.11
1020+571	141					
1108+515	< 10	10501	10953	7.96	6.51	1.45
1135+575	948	6933	5645	8.60	7.89	0.71
1208+566	470	6905	5603	8.58	7.97	0.62
1243+541	305	9752	9839	7.85	6.75	1.10
1309+534B	236	8690	8260	8.47	7.35	1.12
1312+522	55	7081	5865	8.59	7.72	0.88
1355+544A	79	10540	11011	8.07	6.67	1.39
1403+559	232	8620	8155	8.46	7.34	1.12
1411+546A	132					
1418+514	136	8228	7572	8.47	7.50	0.97
1438+507A	165	8024	7269	8.49	7.56	0.93
1443+584	<10	7351	6267	8.55	7.67	0.88
1451+517	30	7201	6043	8.53	7.72	0.82
1458+600B	106	9086	8848	8.44	7.14	1.30
1505+607	104	7870	7039	8.51	7.56	0.95
1515+506	115	7804	6941	8.49	7.56	0.93
1515+556	227	9876	10024	8.02	6.78	1.25
1528+509A	36	8237	7585	8.47	7.47	1.00
1539+505	<10	7463	6432	8.56	7.78	0.78

нет галактик с низкой металличностью ($12 + \log(\text{O}/\text{H}) < 7.6$). Видно также, что содержание кислорода в основном находится в области средних (и выше средних) значений: ($7.85 < 12 + \log(\text{O}/\text{H}) < 8.61$). В то же время три объекта (SBS 0826+582B, SBS 0928+577B и SBS 1135+575) имеют высокую металличность $12 + \log(\text{O}/\text{H}) \geq 8.6$.

Содержание азота по отношению к кислороду $\log(\text{N}/\text{O})$ находится в интервале от -1.45 до -0.4. Этот результат является типичным для сильно возбужденных областей [30,31].

На рис.2 представлена зависимость $\log(\text{N}/\text{O})$ от $12 + \log(\text{O}/\text{H})$. Она показывает, что $\log(\text{N}/\text{O})$ в диапазоне от $12 + \log(\text{O}/\text{H}) = 7.8$ до $12 + \log(\text{O}/\text{H}) = 8.2$ изменяется нерегулярно. При значениях $12 + \log(\text{O}/\text{H}) > 8.3$ наблюдается линейная зависимость между $\log(\text{N}/\text{O})$ и $\log(\text{O}/\text{H})$: с ростом $12 + \log(\text{O}/\text{H})$ растет и $\log(\text{N}/\text{O})$.

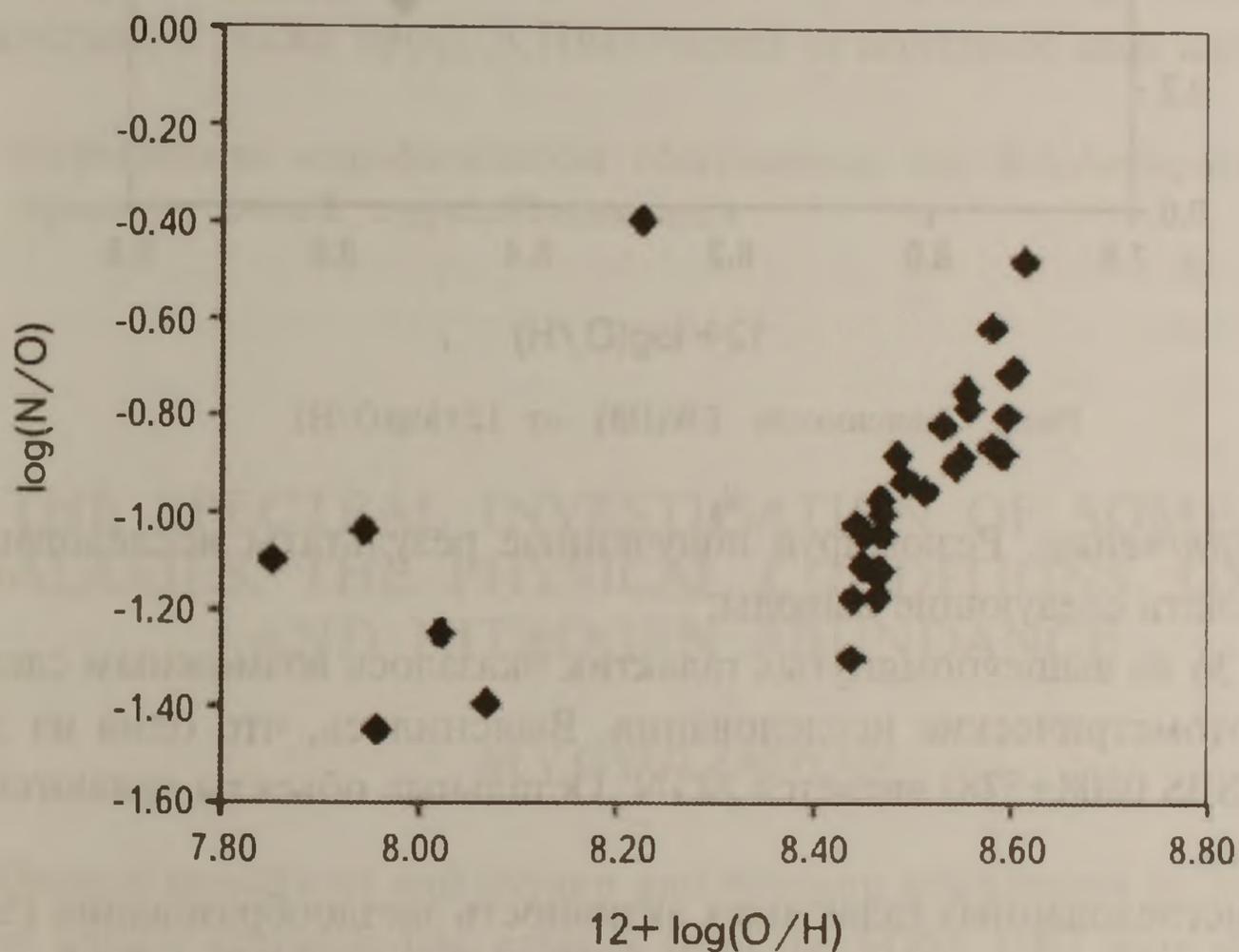


Рис.2. Зависимость $\log(\text{N}/\text{O})$ от $12 + \log(\text{O}/\text{H})$

На рис.3 приведена зависимость эквивалентной ширины $\text{H}\beta$ от $12 + \log(\text{O}/\text{H})$. Как видно, тут нет никакой корреляции.

В исследованных SBS галактиках $n_e = n_e([\text{SII}])$ электронные плотности были определены для трех значений электронной температуры ($T_e = 7500 \text{ K}$, $T_e = 10000 \text{ K}$ и $T_e = 12500 \text{ K}$) с использованием отношения запрещенных линий $[\text{SII}]\lambda 6717/[\text{SII}]\lambda 6731$. Коэффициенты вероятностей спонтанных переходов и эффективные поперечные сечения столкновения для линии $[\text{SII}]\lambda\lambda 6717, 6731$ взяты соответственно из работ [34] и [35]. Почти для всех изученных галактик $n_e < 1000 \text{ cm}^{-3}$. В табл.3 приводятся также расчетные значения электронных плотностей. Эквивалентные ширины линий $[\text{OII}]$

и [OШ] для галактик SBS 098+599, SBS 1020+571 и SBS 1411+546A были меньше 2 \AA , поэтому для этих объектов не производились расчеты.

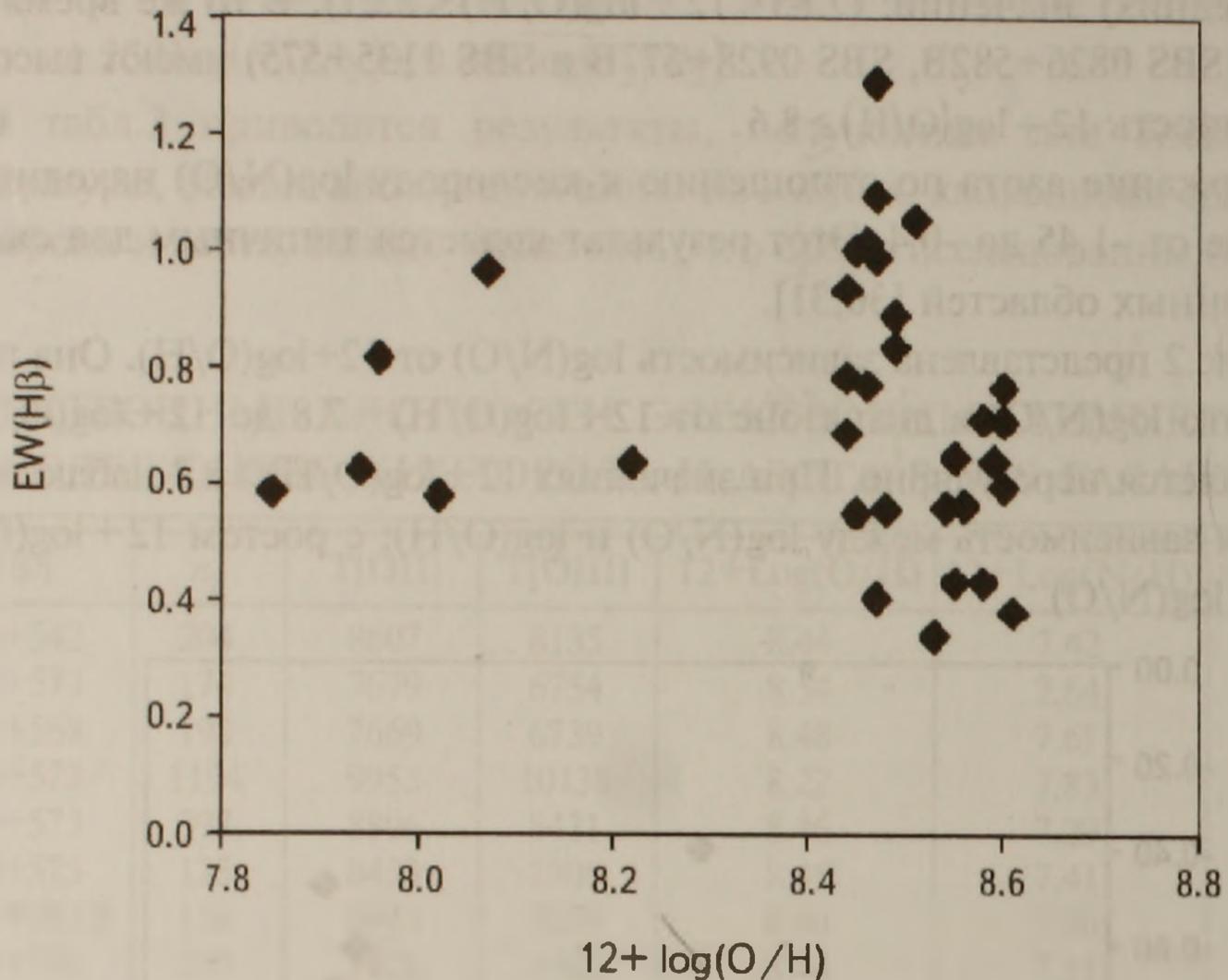


Рис.3. Зависимость $EW(H\beta)$ от $12 + \log(O/H)$

7. Заключение. Резюмируя полученные результаты исследования, можно сделать следующие выводы:

- Для 36 из вышеупомянутых галактик оказалось возможным сделать спектрофотометрические исследования. Выяснилось, что одна из этих галактик (SBS 0808+578) является AGN. Остальные объекты являются SB галактиками.

- В исследованных галактиках активность звездообразования (SFR) находится в интервале $0.001 M_{\odot} \text{ год}^{-1} < SFR < 6 M_{\odot} \text{ год}^{-1}$. Для 3 объектов SFR меньше $0.01 M_{\odot} \text{ год}^{-1}$; для 9 объектов меньше $0.1 M_{\odot} \text{ год}^{-1}$, а для 10 объектов больше $1 M_{\odot} \text{ год}^{-1}$ и меньше $6 M_{\odot} \text{ год}^{-1}$. Поверхностная плотность звездообразования находится в интервале $0.02 < SFR \text{ кпк}^{-2} < 1.65$. А для четырех галактик это больше 1, что характерно для морфологических типов Merger [25].

- Ширина линии $H\alpha$ на половину максимума интенсивности в этих галактиках находится в диапазоне $164 \text{ км/с} < FWHM(H\alpha) < 296 \text{ км/с}$, а для SBS 0808+573, которая является AGN - $FWHM(H\alpha) = 702 \text{ км/с}$.

- У 11 объектов количество O7V звезд в HII областях превосходит 10000, а у 22 объектов эта величина находится в интервале $0.13 \cdot 10^3 \div 8.6 \cdot 10^3$. Среди исследованных галактик наибольшим количеством горячих O7V звезд и темпом звездообразования обладает галактика SBS 0830+590, у

которой указанные величины, соответственно, равны $54\ 478$ и $6 M_{\odot}$ год⁻¹.

- В исследованных галактиках относительное содержание кислорода и азота находится, соответственно, в интервалах $7.85 < 12 + \log(\text{O}/\text{H}) < 8.61$ и $-1.45 < \log(\text{N}/\text{O}) < -0.4$ и $-1.45 < \log(\text{N}/\text{O}) < -0.4$, которые соответствуют высоковозбужденным HII областям [30,31]. Как оказалось, объекты с очень низкой металличностью ($12 + \log(\text{O}/\text{H}) < 7.6$) отсутствуют. По всей видимости, возраст исследованных HII областей больше 100-300 млн лет, возраста, необходимого для обогащения азотом звездами промежуточных масс [36].

В работе использовались данные из базы данных внегалактических объектов NASA/IPAC (NED) и из седьмого выпуска Слоановского Цифрового Обзора Неба (SDSS DR7) <http://www.sdaa.org/dr7>.

Автор благодарит В.Ж.Адибекяна и А.Г.Егикяна за плодотворную дискуссию, а также проф. А.Никогосяна за полезные замечания.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна,
Армения, e-mail: mgyulz@bao.sci.am

THE SPECTRAL INVESTIGATION OF SOME SBS GALAXIES. THE PHYSICAL CONDITIONS. OXIGEN AND NITROGEN ABUNDANCE

M.V.GYULZADYAN

Physical conditions and oxygen and nitrogen abundances in 36 SBS UV-excess and/or emission-line galaxies from the SDSS DR7 were determined. We have found that SBS 0808+578 is AGN. The others are HII galaxies or HII regions in galaxies. For all objects the oxygen abundance $12 + \log(\text{O}/\text{H})$ lies in the range of $7.85 \div 8.61$ and $\log(\text{N}/\text{O})$ ratio in the range of $-1.45 \div -0.4$. They occupy the same area in the diagram N/O - O/H as the high-excitation HII regions. We found no extremely metal-deficient galaxy. Using H α fluxes star formation rates (SFR) for our samples galaxies were determined. Determined SFRs, being in the range of $0.001 \div 6 M_{\odot}$ year⁻¹, are similar of that observed in typical star forming regions in spiral and irregular galaxies.

Key words: *galaxies with emission lines: UV-excess: metallicity: star formation rate*

ЛИТЕРАТУРА

1. *B.E.Pagel, M.G.Edmunds, D.E.Blackwell, M.S.Chun, G.Smith*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **189**, 95, 1979.
2. *D.Alloin, S.Collin-Souffrin, M.Joly, L.Vigroux*, *Astron. Astrophys.*, **78**, 200, 1979.
3. *M.A.Dopita, I.N.Evans*, *Astrophys. J.*, **307**, 431, 1986.
4. *D.Zaritsky, R.C.Kennicutt, J.P.Huchra*, *Astrophys. J.*, **420**, 87, 1994.
5. *J.M.Vilchez, C.Esteban*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **280**, 720, 1996.
6. *L.S.Pilyugin, F.Ferrini*, *Astron. Astrophys.*, **354**, 874, 2000.
7. *L.S.Pilyugin*, *Astron. Astrophys.*, **369**, 594, 2001.
8. *L.S.Pilyugin, T.X.Thuan*, *Astron. Astrophys.*, **631**, 231, 2005.
9. *Y.C.Liang, S.Y.Yin, F.D.Hammer et al.*, *Astrophys. J.*, **652**, 257, 2006.
10. *G.Stasinska*, *Astron. Astrophys.*, **454**, L127, 2006.
11. *T.X.Thuan, L.S.Pilyugin, I.A.Zinchenko*, *Astrophys. J.*, **712**, 1029, 2010.
12. *М.В.Гюльзаян, Б.Маклин, В.Ж.Адибекян и др.*, **54**, 21, 2011, (*Astrophysics*, **54**, 15, 2011).
13. *J.A.Stepanian*, *Rev. Mex. Astron. Astrophys.*, **41**, 155, 2005.
14. *D.G.York, J.Adelman, J.E.Anderson et al.*, *Astron. J.*, **120**, 1579, 2000.
15. *Ch.Stoughton*, *Astron. J.*, **123**, 485, 2002.
16. *J.E.Gunn, W.A.Aiegmund, E.J.Mannery et al.*, *Astron. J.*, **131**, 2332, 2006.
17. *K.N.Abazajian, J.K.Adelman-McCarthy, M.A.Agueros et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **182**, 543, 2009.
18. *J.H.Lee, M.G.Lee, T.Kim et al.*, *Astrophys. J.*, **663**, 69, 2007.
19. *G.Kauffmann, T.M.Heckman, C.Tremonti et al.*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **346**, 1055, 2003.
20. *L.J.Kewley, M.A.Dopita, R.S.Sutherland et al.*, *Astrophys. J.*, **556**, 121, 2001.
21. *L.C.Ho, A.V.Filippenko, W.L.W.Sargent*, *Astrophys. J.*, **487**, 579, 1997.
22. *W.C.Keel*, *Astrophys. J.*, **269**, 466, 1983.
23. *L.Shi, Q.S.Gu, Z.X.Peng*, *Astron. Astrophys.*, **450**, 15, 2006.
24. *J.S.Young, N.Z.Scoville*, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **29**, 581, 1991.
25. *R.C.Jr.Kennicutt*, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **36**, 189, 1998.
26. *D.E.Osterbrock*, *Astrophysics of Gaseous Nebulae*, San Francisco: W.H.Freeman, 1974.
27. *C.Leitherer*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **73**, 1, 1990.
28. *L.S.Pilyugin, F.Ferrini*, *Astron. Astrophys.*, **336**, 103, 1998.
29. *Yu.I.Izotov, T.X.Thuan*, *Astrophys. J.*, **511**, 639, 1999.
30. *Y.I.Izotov, G.Stasinska, N.G.Guseva, T.X.Thuan*, *Astron. Astrophys.*, **415**, 87, 2004.
31. *Y.I.Izotov, G.Stasinska, G.Meynet et al.*, *Astron. Astrophys.*, **448**, 955, 2006.
32. *L.S.Pilyugin, J.M.Vilchez, T.X.Thuan*, *Astrophys. J.*, **720**, 1738, 2010.
33. *L.S.Pilyugin, L.Mattsson, J.M.Vilchez, B.Cedr s*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **398**, 485, 2009.
34. *C.Mendoza, C.J.Zeppen*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **198**, 127, 1982.
35. *F.P.Keenan, L.H.Aller, K.L.Bell et al.*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **281**, 1073, 1996.
36. *Y.I.Izotov, G.Stasinska, G.Meynet, N.G.Guseva, T.X.Tuan*, *Astron. Astrophys.*, **448**, 955, 2006.