

*Орозобаков А.Т., Саякбаева Б.Б., Аманкулова Н.А., Орозобаков Э.У.*

**ОРТО АЗИЯ АЙМАГЫНДАГЫ СТРАТОСФЕРАЛЫК ОЗОНДУ СПУТНИКТИК  
МААЛЫМАТТАРГА САЛЫШТЫРУУ МЕНЕН ЖЕР ҮСТҮНӨН ӨЛЧӨӨЛӨР**

*Орозобаков А.Т., Саякбаева Б.Б., Аманкулова Н.А., Орозобаков Э.У.*

**НАЗЕМНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ СТРАТОСФЕРНОГО ОЗОНА НАД РЕГИОНОМ  
СРЕДНЕЙ АЗИИ В СРАВНЕНИИ СО СПУТНИКОВЫМИ ДАННЫМИ**

*A. Orozobakov, B. Sayakbaeva, N. Amankulova, E. Orozobakov*

**GROUND MEASUREMENTS OF STRATOSPHERIC OZONE OVER THE  
REGION OF CENTRAL ASIA IN COMPARISON WITH SATELLITE DATA**

УДК: 621.372:551.508.8

Бул макалада спутниктик маалыматтарга салыштырмалуу миллиметрдик толкундардагы озондун вертикалдуу таралышынын эпизоддук жер үстүндөгү өлчөөлөрү берилген. Жер үстүндөгү изилдөө методу 110836 мегагерц жыштыгы менен линияга жакын жердеги стратосфералык озон молекулаларынын айлануу спектринин термикалык радиоэмиссиясындагы Жердин бетинин пассивдүүлүгүнөн турат. Абсолюттук жана атмосфералык калибрлөө жолу менен өлчөө учурунда жыштыкты жөнөт салуу боюнча эксперименталдык иштердин натыйжалары келтирилген. Ар кандай калибрлөөлөрдүн жер үстүндөгү өлчөөлөрүн изилденип жаткан аймактагы озон катмарынын таанылган байкоолору менен салыштыруу эксперименттердин максаты болуп саналат. Орбиталык маалыматтарга салыштырмалуу күндүзгү өлчөөлөрдүн кээ бир эң типтүү болгон жыйынтыктары көрсөтүлгөн. Азырынча абсолюттук калибрровка боюнча өлчөөлөр гана спутниктик жана башка жер үстүндөгү өлчөөлөр менен дал келүүдө айырмасы 5-10%. Ошондой эле озон катмарына болгон байкоолор менен көйгөйлөр тууралуу жалпы таанышуу үчүн Орто Азия аймагында жайгашкан жер үстүндөгү станциялардын дүйнөлүк түйүндөрүнүн маалыматтары да берилди. Байкоо жүргүзүлгөн, жаңы программалар боюнча иштетилген жана спутниктик маалыматтар жер үстүндөгү маалыматтар менен салыштырылып келтирилди. Андагы жер үстүндө өлчөө жүргүзүлгөн райондордо озондун бар болушунун убактылуу айлануусу, сезондук жүрүшү байкалды. Мурдагыдай эле жогорку өлчөмү жазында, ал эми төмөнкү өлчөмү күзүндө боло тургандыгы белгилүү болду. Озондун концентрация болушунун максималдуу чеги 24.5 - 25.8 км. бийиктик чектеринде анык болду.

**Негизги сөздөр:** стратосфералык озон, абсолюттук калибрровка, спутник, өлчөө, озондун концентрациясы, сезондук жүрүш, салыштырмалуу.

В статье представлены эпизодические наземные измерения вертикального распределения озона на миллиметровых волнах в сравнении со спутниковыми данными. Наземный метод исследований заключался в пассивном зондировании с поверхности Земли теплового радиоизлучения вращательного спектра молекул стратосферного озона в окрестности линии с частотой 110836 МГц. Приведены результаты экспериментальных работ по отстройкам частоты при измерениях по абсолютной и атмосферной калибровке. Целью экспериментов было сравнение наземных измерений по различным калибровкам с признанными наблюдениями за озоновым слоем над

исследуемым регионом. Показаны некоторые, наиболее типичные результаты дневных измерений в сравнении с орбитальными данными. Пока только измерения по абсолютной калибровке соответствуют спутниковым и другим наземным измерениям, разница 5-10%. А также, для общего представления о проблемах с наблюдениями за озоновым слоем, представлены данные мировой сети наземных станций над регионом Средней Азии. Приведены отслеженные и обработанные по новым программам и спутниковые данные в сравнении с наземными. По которым замечены временные вариации содержания озона над районом наземных измерений, сезонный ход. Максимум, как и раньше наблюдался в конце зимы-начале весны, минимум осенью. Максимальные области концентрации озона определены в пределах высот 24.5 - 25.8 км

**Ключевые слова:** стратосферный озон, абсолютная калибрровка, спутник, измерение, концентрация озона, сезонный ход, сравнение.

The article presents episodic ground-based measurements of the vertical distribution of ozone at millimeter waves in comparison with satellite data. The ground-based research method consisted in passive sounding from the Earth's surface of the thermal radio emission of the rotational spectrum of stratospheric ozone molecules in the vicinity of the line with a frequency of 110836 MHz. The results of experimental work on frequency detunings during measurements by absolute and atmospheric calibrations are presented. The purpose of the experiments was to compare ground-based measurements of various calibrations with recognized observations of the ozone layer over the region under study. Shown are some of the more typical results of daytime measurements compared to orbital data. So far, only absolute calibration measurements correspond to satellite and other ground-based measurements, the difference is 5-10%. And also, for a general idea of the problems with observations of the ozone layer, data from the global network of ground stations over the region of Central Asia are presented. Tracked and processed according to new programs and satellite data are presented in comparison with ground data. According to which temporal variations in the ozone content over the area of ground-based measurements were noticed, seasonal variation. The maximum, as before, was observed at the end of winter-beginning of spring, the minimum in autumn. The maximum areas of ozone concentration are determined within the heights of 24.5 - 25.8 km

**Key words:** stratospheric ozone, absolute calibration, satellite, measurement, ozone concentration, seasonal variation, comparison.

Рассматриваемые в статье вопросы вызваны в связи с глобальными изменениями концентрации малых газовых составляющих атмосферы, с последующим уменьшением содержания озона, возникновением так называемых аномалий - "озоновых дыр". Беспокойство по поводу надежности атмосферной системы как основы биосферы неоднократно высказывалось на различных представительных научных форумах [1,2]. Где подчеркивался серьезный уровень нерешенности в изучении проблемы глобальных изменений в атмосфере, в ее защитном озоновом слое, из-за недостаточности необходимых данных об эволюции окружающей среды под влиянием естественных причин и антропогенных факторов. Озоновая дыра в Антарктиде была открыта Британской антарктической службой с помощью спектрофотометра Добсона на станции Халли Бей еще в 1981-1983 гг. О значительном уменьшении полного содержания озона также сообщила Английская служба в октябре 1985 года [3]. В те же годы спутниковые измерения подтвердили весенние потери озона над всем антарктическим континентом. Исследования Национальной озоновой экспедиции США на станции Мак-Мёрдо в 1986 и 1987 гг., НАСА показали, что над Антарктидой озон разрушается почти полностью между уровнями 12 и 25 км. ближе к концу весны. Современное объяснение озоновой дыры основано на том, что антропогенные ХФУ попадают из Северного полушария в Южное полушарие и далее они распадаются в стратосфере на активные составляющие, которые затем разрушают озон. Радикалы ХФУ «примораживаются» к полярным стратосферным облакам (высоты от 15 до 30 км), которые образуются там из-за низкой температуры (ниже 200 К), а когда появляется Солнце, они отрываются от оттаявшего льда и уничтожают озон. Огромные размеры озоновой дыры над Антарктидой - следствие более слабой циркуляции здесь воздуха, то есть, нет обмена с воздухом низких широт по сравнению Северным полушарием. Антарктида приподнятый континент, имеющий среднюю высоту над уровнем моря 3-4 км. В результате возникает атмосферный фронт (циркumpолярный вихрь), который препятствует интенсивному обмену воздушными массами. В конце весны атмосфера прогревается, фронт разрушается, и приток воздуха из средних и тропических широт Южного полушария восстанавливает содержание озона над Антарктидой до нормы.

Согласно решениям Венской конференции, с 1985 года ведутся всемирные и регулярные исследования озонового слоя как с наземных, так и со спутниковых станций, для изучения причин и объемов снижения содержания озона за последние 50 лет. Но и сегодня по оценкам ведущих специалистов общая задача мониторинга атмосферного озона и режима

солнечной радиации, а также вопросы установления связи между содержанием озона, уровнем ультрафиолетовой радиации и загрязнением атмосферы требуют дальнейших кропотливых исследований.

Наземная сеть должна включать все географически и метеорологически значимые районы. Одним из таких районов является Центральноазиатский, где и начаты первые наземные микроволновые исследования радиоастрономическим методом в миллиметровом диапазоне длин волн. Основой метода является наличие спектральных линий поглощения или излучения атмосферы вблизи частот вращательных переходов молекул.

На основании вышеизложенного совместно с ИПФ РАН, НИИИС им. Седакова и ИФ НАН КР был разработан высокочувствительный спектро радиометр на длине волны 2,7 мм, именно для данного региона, позволяющий вести круглосуточные наблюдения за содержанием озона в интервале высот 20-60 км с точностью до 10% в зависимости от высоты слоя над уровнем моря. Первые микроволновые спектральные наблюдения примесных газов атмосферы были выполнены в конце 60-х и в начале 70-х годов [4-7]. Хорошо известно, что основными атмосферными газами, поглощающими радиоволны миллиметрового диапазона, являются водяной пар и молекулярный кислород. Расчёты показывают, что в «окнах» прозрачности, т.е. в интервалах частот между сильными линиями поглощения  $O_2$  и  $H_2O$ , вращательные спектры почти всего семейства малых газовых составляющих (озон, окислы азота, окись углерода) имеют линии, интенсивность которых вполне достаточно для их обнаружения [8-11]. Было отмечено, что при благоприятных условиях (зима, высокогорье) полное вертикальное ослабление вблизи резонансных частот озона сравнимо с фоновым ослаблением, обусловленным водяным паром и кислородом, а в коротковолновой части миллиметрового диапазона превышает его.

Наземные радиофизические наблюдения за озоновым слоем в обсерватории предусматривают два варианта измерений на миллиметровых волнах [12,13]. По абсолютной калибровке, когда за эталонную нагрузку берется черное тело при температуре кипящего жидкого азота, ранее не раз подтверждалась достоверность данных. По непосредственно аппаратуре, измерениям, программам при сравнении с другими эталонными измерениями результаты такого подхода в пределах допустимой погрешности. На рисунке один представлено сравнение измерений по обеим калибровкам со спутниковыми данными, видно, что результаты измерений по абсолютной калибровке соответствуют данным орбитальных инструментов.

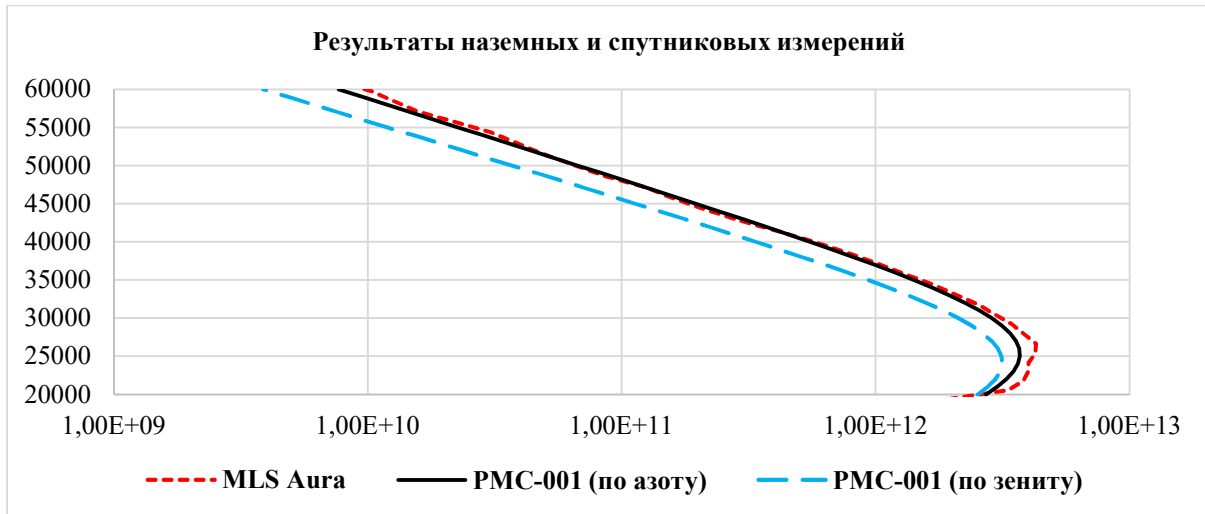


Рис. 1. Сравнение наземных микроволновых измерений со спутниковыми.

По-другому, по атмосферной калибровке, когда за эталонную нагрузку берется излучение зенита, пока есть проблемы [14-16]. Изначально этот метод предусматривался только для тестирования аппаратур. Предполагалось что излучение зенита некая постоянная, предположительно равная излучению черного тела. Сравнения результатов обработок по атмосфере и азоту дают слишком большую разницу (рис. 1). Но есть стабильность реагирования аппаратуры на излучения, пока работы будут вестись по подбору коэффициента корреляции. В дальнейшем возможно этот метод будет основным в исследованиях озонового слоя.

В Среднеазиатском регионе, к сожалению, наземные вертикальные измерения обсерватории пока можно сравнить только со спутниковыми. С результатами данных инструментов спутника Aura [17]:

HIRDLS (High Resolution Dynamic Limb Sounder) – инфракрасный радиометр высокого разрешения,

предназначен для измерения температуры и концентрации газовых примесей в различных слоях атмосферы, MLS (Microwave Limb Sounder) – Микроволновый радиометр, предназначен для измерения концентрации химических соединений, ответственных за разрушения озона в различных слоях атмосферы, OMI (Ozone Monitoring Instrument) – спектрометр, предназначен для измерения размеров отражённого и рассеянного в атмосфере солнечного излучения.

Для исследований обсерватории с сайта NASA скачиваются 3 файла:

- t - температура в Кельвинах;
- gph - геопотенциальная высота в метрах;
- m - озон VMR.

В каждом файле может быть несколько пролетов спутника, выбираем ближайший к квадрату 40-46 с.ш., 72-82 в.д. (рис. 2).

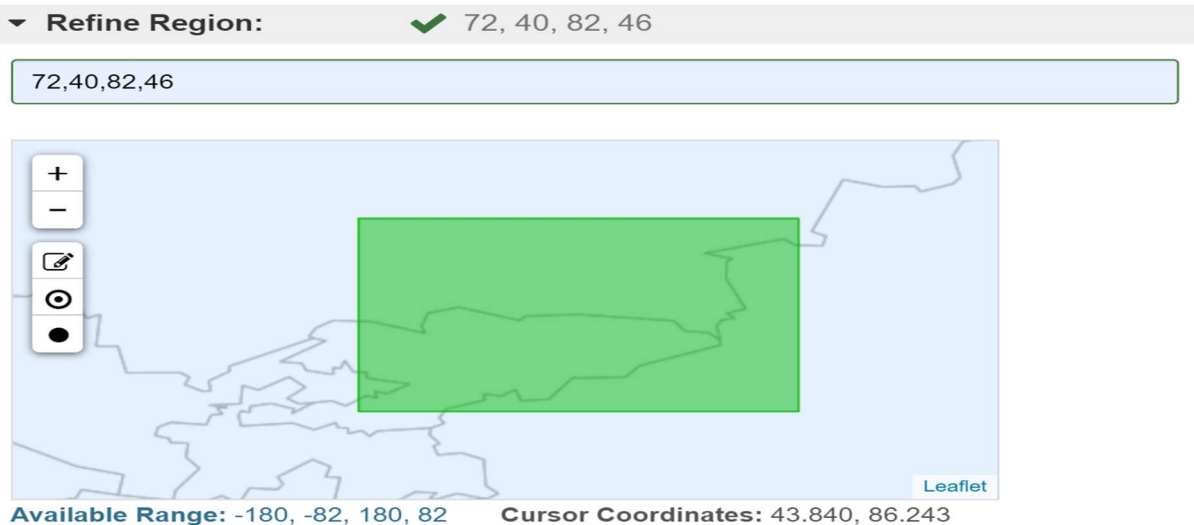


Рис. 2. Меню выбора локации на сайте NASA.

## ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ КЫРГЫЗСТАНА, № 1, 2023

Это рекомендованный периметр, можно взять и меньший, тогда количество пролетов спутника в разы уменьшатся. К тому же это соответствует наземным измерениям обсерватории.

В файлах данные от 0-120 км разбиты на 55 точек. Приблизительно:

- №16 = 20км;
- №38 = 50км;
- №42 = 60км;
- №45 = 70км.

Количество озона  $N_{oz}$  на каждой высотной точке (последний столбец E12) вычисляется по формуле:

$n = m * p * 10^{19} / (1.38 * t)$ , где  $p$  – давление (одинаковое для всех файлов)

Сумма озона от 20км до 60км, вычисляется по формуле:

$$sum = N_{low} + \sum_{i=a}^b N_i + N_{up}$$

где  $a$  – номер точки, соответствующей нижней

границе диапазона, в нашем случае №16 = 20км примерно;  $b$  – номер точки для верхней границы (№38 для 50км, №42 для 60км)

$N_{low} = 2.18 * 10^{21} * m * p$ , для ближайшей снизу точки;

$N_{up} = 1.92 * 10^{21} * m * p$ , для ближайшей сверху точки;

$N_i = 4.12 * 10^{21} * m * p$ , для всех точек внутри диапазона. Получаем количество молекул на  $см^2$

Для вычисления того же значения, но в Добсонах ( $m$  умножаем на миллион, чтобы получить количество миллионных долей):

$N_{low} = 0.071 * m * 10^{6} * p$ , для ближайшей снизу точки;

$N_{up} = 0.081 * m * 10^{6} * p$ , для ближайшей сверху точки;

ки;

$N_i = 0.153 * m * 10^{6} * p$ , для всех точек внутри диапазона.

По таблице один видно, что спутниковые измерения даются по геопотенциальной высоте и не через каждый километр.

Таблица 1

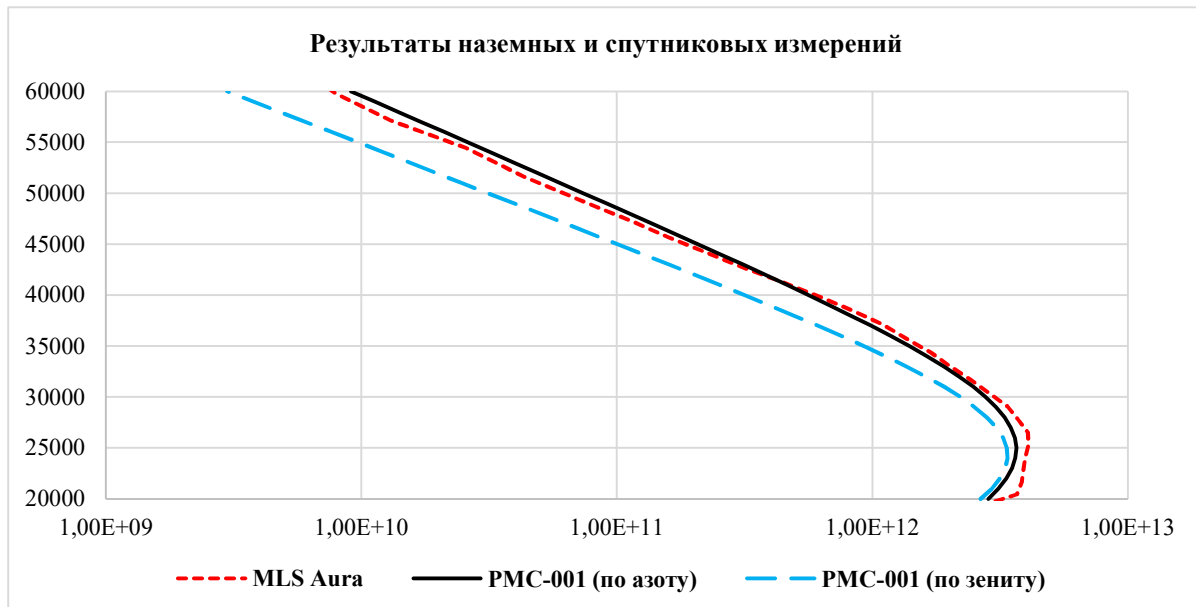
Данные спутниковых измерений до обработок.

	Геопотенциальная высота:	Температура	Озон:
1.	198.9217071533203	288.1077575683594	4.653024987533172E-8
2.	1806.403564453125	274.62493896484375	5.491200028018284E-8
3.	3367.572021484375	268.6730651855469	6.329374713232028E-8
4.	4882.67626953125	262.49871826171875	6.803375640629383E-8
5.	6341.4482421875	253.383056640625	7.277376568026739E-8
6.	7740.5517578125	244.39865112304688	8.344616020394824E-8
7.	9080.1689453125	236.2783966064453	1.0708710362905549E-7
8.	10359.8232421875	223.90756225585938	1.3321213998551684E-7
9.	11593.7041015625	216.13314819335938	1.609508331057441E-7
10.	12818.47265625	216.07386779785156	1.9499897518926446E-7
11.	14047.1015625	215.26673889160156	2.1731361243837455E-7
12.	15265.865234375	214.49893188476562	2.727620369569195E-7
13.	16468.513671875	212.94020080566406	3.0423657904066204E-7
14.	17650.08984375	211.2039031982422	7.151473369049199E-7
15.	18820.787109375	211.24009704589844	1.2449695532268379E-6
16.	19999.1640625	212.7617645263672	1.915730308610364E-6
17.	21193.736328125	214.6019287109375	2.3686686745350016E-6
18.	22402.833984375	215.60018920898438	2.986207391586504E-6
19.	23623.927734375	217.94691467285156	3.87335785489995E-6
20.	24857.78515625	219.98715209960938	5.104663159727352E-6
21.	26104.578125	222.10374450683594	6.273465260164812E-6
22.	27362.123046875	224.2723846435547	6.90363140165573E-6
23.	28625.05859375	225.63233947753906	7.650886800547596E-6
24.	29889.810546875	226.09445190429688	7.960074981383514E-6
25.	31158.12109375	226.72572326660156	8.027812327782158E-6
26.	32435.90625	228.07498168945312	8.038820851652417E-6
27.	33730.578125	230.32762145996094	8.262857591034845E-6
28.	35044.84375	232.7316436767578	8.275186701212078E-6
29.	36375.86328125	235.2909393310547	8.179280484910123E-6
30.	37719.58203125	237.96994018554688	7.805929271853529E-6

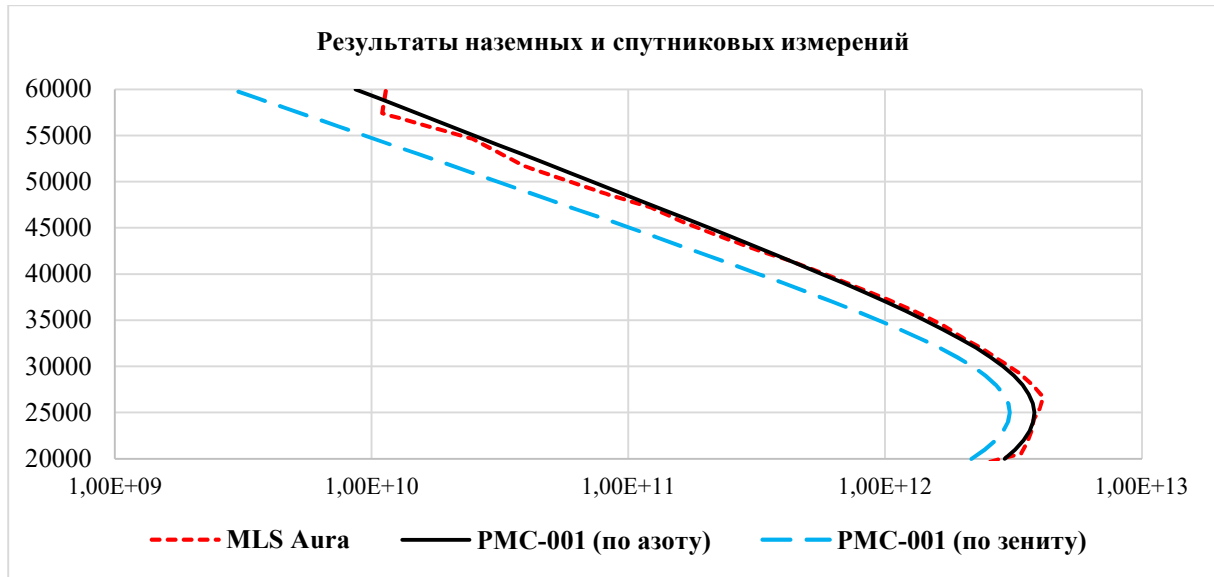
## ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ КЫРГЫЗСТАНА, № 1, 2023

31.	39075.13671875	241.02049255371094	7.498078502976568E-6
32.	40448.65234375	245.24803161621094	6.756426955689676E-6
33.	41847.890625	248.90798950195312	5.8412101680005435E-6
34.	43275.421875	251.53163146972656	5.113309271109756E-6
35.	44728.91015625	253.37005615234375	4.47399224867695E-6
36.	46201.58203125	255.46559143066406	4.019217158202082E-6
37.	47682.0625	257.794921875	3.3791118312365143E-6
38.	50624.453125	257.7826843261719	2.339633056180901E-6
39.	53488.96484375	247.71597290039062	1.732473606352869E-6
40.	56241.86328125	238.02938842773438	1.377298190163856E-6
41.	58904.21875	232.51873779296875	3.2184235010390694E-7
42.	61502.5078125	231.156005859375	1.1913148227904458E-6
43.	64044.02734375	224.80288696289062	3.6227459077053936E-7
44.	68812.453125	207.0020751953125	-2.510198839900113E-7
45.	73150.1796875	201.32077026367188	-2.9064251449995027E-8
46.	77409.703125	192.87149047851562	-1.5185992197075393E-6
47.	81956.40625	189.06643676757812	2.2847464151709573E-6
48.	86618.9765625	189.6487274169922	7.723402291048842E-7
49.	90977.796875	181.6335906982422	1.547667920931417E-6
50.	94997.296875	163.88522338867188	2.3997722564672586E-6
51.	99066.875	166.52081298828125	2.3997722564672586E-6
52.	103726.265625	198.2667236328125	2.3997722564672586E-6
53.	109672.5234375	284.77899169921875	2.3997722564672586E-6
54.	117715.4140625	377.7232360839844	2.3997722564672586E-6
55.	127131.09375	377.723236083984	2.3997722564672586E-6

Обновленные программы обработок несмотря на данные пролета спутника не точно над обсерваторией, а в периметре в 3-4 градуса показывают разницу наземных измерений по абсолютной калибровке с данными спутника в 3-5 процентов, что даёт уверенность в достоверности полученных результатов.



a)



б)

Рис. 3. Данные спутниковых и наземных измерений.

На рисунке 3 (а, б) показаны сравнения результатов наземных измерений за два сеанса отдельных дней июля с данными пролета спутника за соответствующие дни после перерасчетов. Где, как и раньше измерения по атмосферной калибровке (зениту) отстают от спутниковых и абсолютных на 30-40%.

Таблица 2

Сравнение наземных измерений по абсолютной калибровке со спутниковыми.

22.07.2022				24.07.2021			
PMC-001		MLS Aura		PMC-001		MLS Aura	
h(km)	Noz	h(m)	Noz	h(km)	Noz	h(m)	Noz
20	2,396E+12	291	7,61E+11	20	2,84E+12	222	7,72E+11
21	2,835E+12	1910	9,48E+11	21	3,11E+12	1839	9,59E+11
22	3,279E+12	3502	1,05E+12	22	3,34E+12	3428	1,07E+12
23	3,693E+12	5064	1,02E+12	23	3,52E+12	4978	1,05E+12
24	4,038E+12	6583	9,85E+11	24	3,63E+12	6478	1,02E+12
25	4,274E+12	8048	1,02E+12	25	3,66E+12	7919	1,08E+12
26	4,371E+12	9477	1,19E+12	26	3,61E+12	9321	1,79E+12
27	4,315E+12	10863	6,51E+11	27	3,48E+12	10691	1,21E+12
28	4,115E+12	12189	4,74E+11	28	3,29E+12	12010	9,86E+11
29	3,797E+12	13462	5,24E+11	29	3,05E+12	13278	9,25E+11
30	3,397E+12	14684	5,97E+11	30	2,78E+12	14505	9,17E+11
31	2,958E+12	15865	7,25E+11	31	2,48E+12	15712	1,08E+12
32	2,514E+12	17018	5,68E+11	32	2,19E+12	16907	1,17E+12
33	2,095E+12	18153	1,08E+12	33	1,90E+12	18093	1,90E+12
34	1,716E+12	19294	1,78E+12	34	1,64E+12	19273	2,61E+12
35	1,386E+12	20461	3,30E+12	35	1,39E+12	20454	3,68E+12
36	1,107E+12	21656	4,13E+12	36	1,18E+12	21643	3,84E+12
37	8,762E+11	22873	4,49E+12	37	9,86E+11	22844	3,90E+12
38	6,888E+11	24104	4,45E+12	38	8,22E+11	24061	3,96E+12
39	5,384E+11	25348	4,48E+12	39	6,81E+11	25294	4,08E+12
40	4,190E+11	26605	4,37E+12	40	5,62E+11	26542	4,06E+12
41	3,250E+11	27873	3,96E+12	41	4,63E+11	27807	3,71E+12
42	2,514E+11	29152	3,65E+12	42	3,80E+11	29090	3,37E+12
43	1,941E+11	30445	3,10E+12	43	3,11E+11	30392	2,86E+12
44	1,496E+11	31756	2,56E+12	44	2,54E+11	31707	2,42E+12
45	1,152E+11	33080	2,06E+12	45	2,07E+11	33031	2,01E+12
46	8,858E+10	34414	1,70E+12	46	1,69E+11	34369	1,69E+12
47	6,808E+10	35762	1,35E+12	47	1,38E+11	35724	1,36E+12
48	5,230E+10	37127	1,05E+12	48	1,12E+11	37093	1,10E+12
49	4,016E+10	38514	7,82E+11	49	9,09E+10	38474	8,35E+11

## ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ КЫРГЫЗСТАНА, № 1, 2023

50	3,082E+10	39925	5,85E+11	50	7,39E+10	39870	6,18E+11
51	2,365E+10	41354	4,18E+11	51	6,00E+10	41286	4,44E+11
52	1,815E+10	42796	2,84E+11	52	4,87E+10	42728	3,10E+11
53	1,392E+10	44250	2,07E+11	53	3,95E+10	44195	2,23E+11
54	1,068E+10	45715	1,58E+11	54	3,21E+10	45681	1,59E+11
55	8,191E+09	47192	1,24E+11	55	2,60E+10	47177	1,16E+11
56	6,282E+09	48678	8,96E+10	56	2,11E+10	48671	8,30E+10
57	4,817E+09	51644	4,45E+10	57	1,71E+10	51614	4,33E+10
58	3,694E+09	54542	2,29E+10	58	1,39E+10	54447	2,57E+10
59	2,833E+09	57323	1,45E+10	59	1,12E+10	57141	1,30E+10
60	2,172E+09	59981	7,64E+09	60	9,11E+09	59718	8,00E+09
		62544	6,31E+09			62203	5,77E+09
		65079	4,34E+09			64623	6,94E+08
		69776	1,52E+09			69356	-1,82E+08
		73910	7,23E+08			73883	-7,06E+08

Значения по азоту как было показано выше разнятся от спутниковых на 3-5%, то есть не раз доказана достоверность измерений по азоту. Экспериментальные работы по обеим калибровкам показали, что приборы одинаково реагируют на влияния облачности, времени суток, влажности и т.д. В дальнейшем есть основания для подбора коэффициента корреляции, либо корректировки приема зенитного излучения.

Кроме собственных наземных микроволновых измерений в обсерватории постоянно отслеживаются данные мировой сети наземных станций [18,19]. В таблице три показаны данные по общему содержанию озона.

Таблица 3

Данные мировой сети наземных станций над регионом измерений обсерватории.

2022 г.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
<u>1</u>	324	373	370	327	302	318	294	306	301	н	308	
<u>2</u>	314	358	377	330	286	332	293	304	299	н	291	
<u>3</u>	279	397	352	296	272	335	291	301	283	н	284	
<u>4</u>	326	н	368	287	293	354	298	307	296	н	287	
<u>5</u>	358	417	291	294	283	320	278	299	274	н	296	
<u>6</u>	341	359	304	291	285	338	289	284	279	н	289	
<u>7</u>	365	365	325	342	300	323	289	295	279	н	295	
<u>8</u>	328	358	327	326	282	294	297	287	274	274	301	
<u>9</u>	324	347	310	316	285	296	295	294	277	293	328	
<u>10</u>	361	425	328	306	280	304	308	283	277	292	315	
<u>11</u>	345	383	329	296	299	399	329	287	284	304	332	
<u>12</u>	347	333	286	324	291	308	333	286	282	258	348	
<u>13</u>	360	337	292	308	300	299	333	283	269	280	339	
<u>14</u>	387	329	320	329	313	325	329	284	288	294	334	
<u>15</u>	310	372	343	346	341	345	345	284	289	284	303	
<u>16</u>	322	413	304	350	372	350	326	284	289	282	305	
<u>17</u>	305	347	298	346	346	342	331	288	297	275	314	
<u>18</u>	293	360	281	335	344	322	293	284	304	307	331	
<u>19</u>	301	378	286	344	309	344	294	282	297	292	323	
<u>20</u>	337	333	327	347	310	332	293	280	293	295	313	
<u>21</u>	326	358	306	325	312	327	н	283	289	287	310	
<u>22</u>	381	345	304	326	297	306	306	286	297	290	317	
<u>23</u>	332	363	309	323	306	333	306	295	273	280	275	
<u>24</u>	398	350	348	326	320	н	285	287	296	256	285	
<u>25</u>	н	356	353	337	336	327	301	294	262	280	257	
<u>26</u>	376	386	326	337	290	н	308	289	257	299	268	
<u>27</u>	413	337	368	362	289	311	н	297	279	310	н	
<u>28</u>	370	348	332	360	287	314	298	309	289	309		
<u>29</u>	366		350	308	304	319	295	304	289	289		
<u>30</u>	343		350	332	306	318	303	307	н	340		
<u>31</u>	346		321		351		309	300		338		
<b>min</b>	279	329	281	287	272	294	278	280	257	256	257	0
<b>max</b>	413	425	377	362	372	399	345	309	304	340	348	0

К сожалению, сравниваемые наземные станции мировой сети рис.4. в последние годы подают информацию не регулярно (рис. 5).

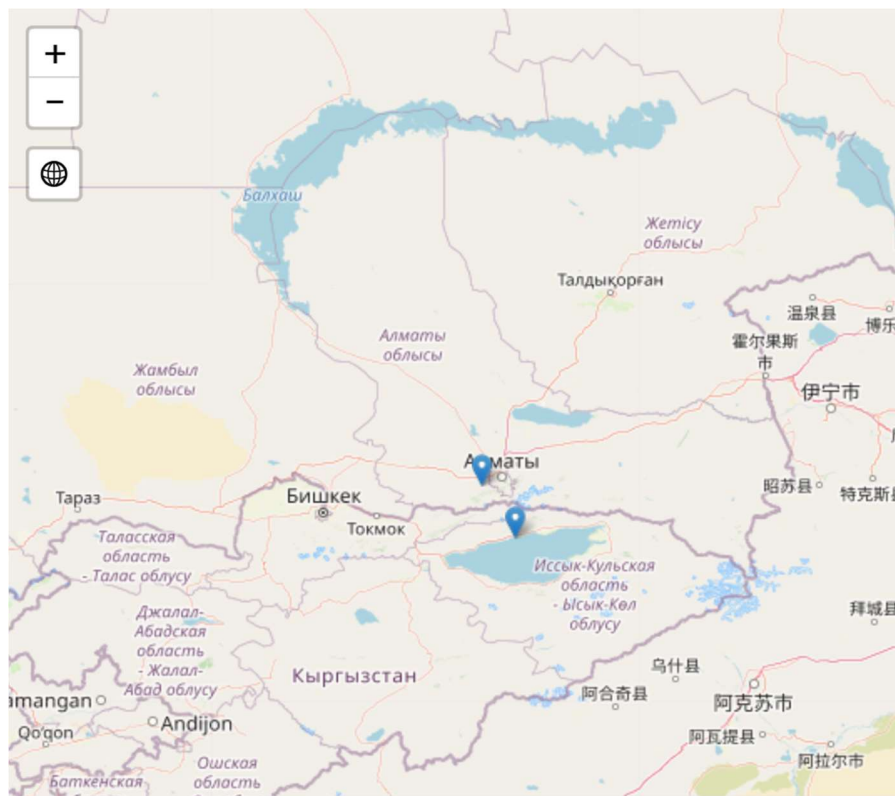
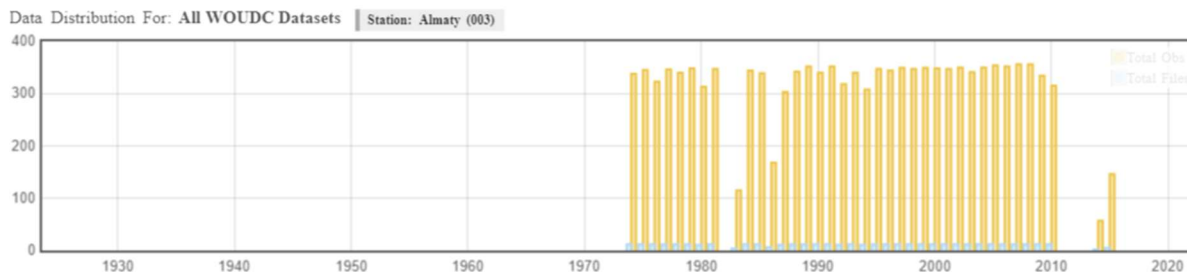


Рис. 4. Ранее включенные в мировую сеть наземные станции.



Total Files in Range: 421

а)



Total Files in Range: 270

б)

Рис. 5. Данные наземных станций: а) Алматы, б) Иссык-Куль.

В таблице четыре представлены отсутствие данных за последние годы в ближайших станциях от наземных микроволновых измерений. За двадцать второй год вроде отсутствуют данные всего за пятнадцать дней. В архивах обсерватории имеются данные с сайта мировой сети наземных станций с 2005 года. Как указано выше, данные с ближайших станций от наземных микроволновых измерений обсерватории были представлены за лет 10 из последних 17-ти. Эти данные используются только с целью верификации наземных измерений обсерватории.

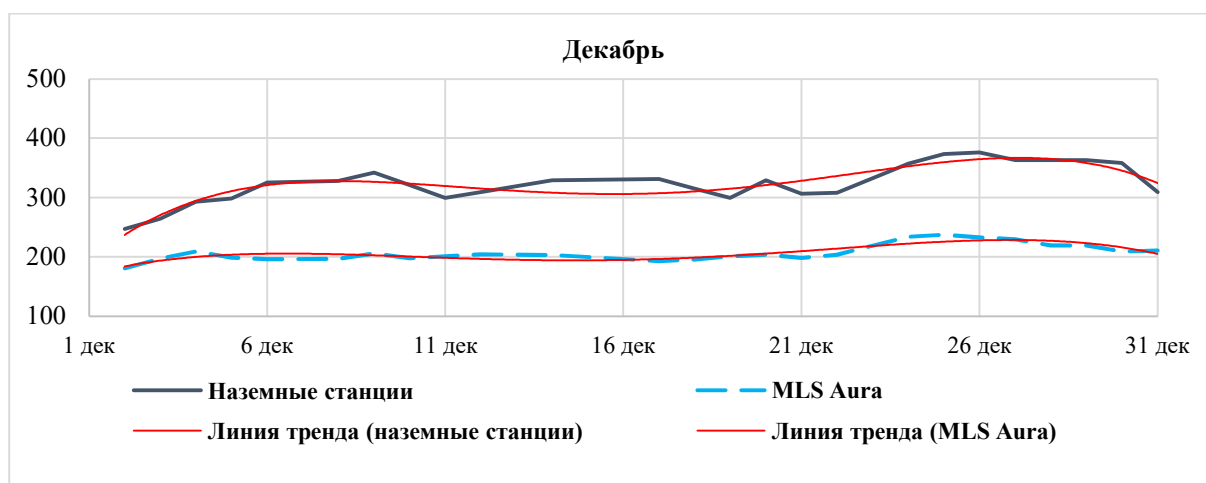


Таблица 4

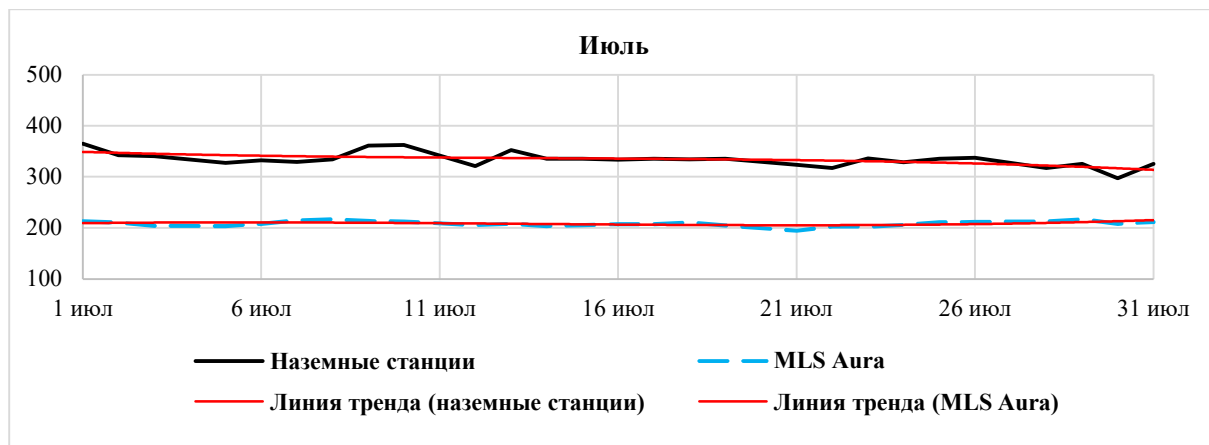
Отсутствие данных с сайта мировой сети.

Год	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Всего
1978	1	7	7	1	3	0	1	0	0	0	2	4	26
1979	1	4	1	3	4	0	0	0	1	0	2	1	17
2005	10	9	6	6	5	4	6	5	6	1	6	8	72
2006	12	3	8	5	4	8	4	1	5	8	9	13	80
2007	9	6	8	7	4	11	1	7	5	2	5	6	71
2008	2	6	4	5	5	2	2	3	2	2	2	6	41
2009	2	2	5	0	6	3	0	6	3	3	3	12	45
2010	11	7	5	8	2	0	15	3	5	5	3	24	88
2011	9	7	3	2	0	0	4	2	1	0	6	2	36
2012	8	1	2	3	0	0	1	1	2	0	4	5	27
2013	10	4	1	2	4	0	1	1	1	2	2	2	30
2014	4	2	3	3	6	2	2	1	5	7	9	3	47
2015	3	0	6	3	1	4	4	1	26	26	20	19	113
2016	12	9	2	6	13	1	0	1	1	6	4	4	59
2017	6	4	6	2	0	0	1	1	1	1	2	6	30
2018	5	4	25	15	0	0	6	3	27	6	8	8	107
2019	8	6	3	4	4	2	2	19	13	13	7	13	94
2020	23	6	8	13	8	15	24	29	29	30	30	30	245
2021	31	18	25	29	29	29	31	31	30	31	12	2	298
2022	1	1	0	0	0	2	2	0	1	7	1		15

Некоторые сравнения наземных измерений содержания озона со спутниковыми показаны на рисунках 6 (а,б). Общее содержание озона находится обычно в среднем в пределах 300 ед.д. над регионом Средней Азии по данным мировой сети. По спутниковым данным в столбе 20-60 км – в пределах 200. То есть около 70% всего озона находится в пределах высот, измеряемых аппаратами обсерватории. Максимальная концентрация озона по данным обсерватории и инструментов спутника находится на высотах 24,5-25,8км., что соответствует распределению озона на данных широтах.



а)



б)

Рис. 6. Сравнение данных NASA после перерасчетов с данными мировой сети.



Рис. 7. Данные сети наземных станций.

По данным станций мировой сети наземных станций (рис. 7) как всегда наблюдался сезонный ход общего содержания озона над регионом микроволновых измерений обсерватории. Минимум наблюдается в начале осени (как обычно), максимум в конце зимы.

В обсерватории теперь есть возможность сравнивать результаты измерений со спутниковыми данными. На данном этапе перерасчёт, обработка спутниковых данных обсерваторией наиболее достоверный вариант при сравнениях наземных микроволновых измерений (рис. 8).

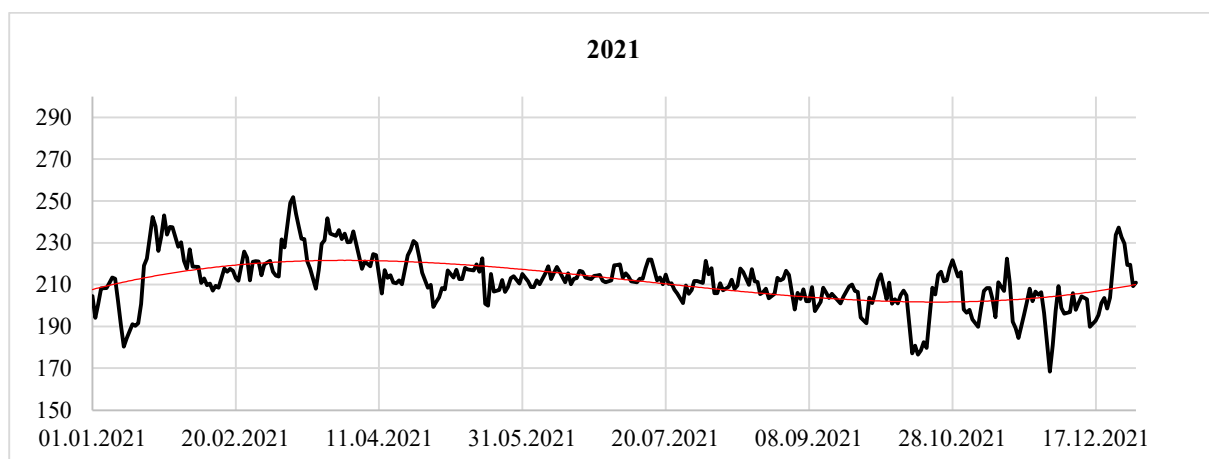




Рис. 8. Данные инструментов спутника MLS Aura после перерасчетов по новым программам.

На рисунке 8 даны общие содержания озона в столбе от 20 до 60 км. Как и в случае с данными мировой сети наземных станций наблюдается максимум в конце зимы – минимум в начале осени.

#### Литература:

1. Венская конвенция об охране озонового слоя – Вена 18-22 марта 1985 г. // [egal.un.org/avil/pdf/ha/vcpol/vcpol\\_ph\\_r.pdf](http://egal.un.org/avil/pdf/ha/vcpol/vcpol_ph_r.pdf)
2. Монреальский протокол по проблеме веществ, разрушающих озоновый слой. // Бюллетень ВМО. – 1988. – Т. 37, №2. – С. 118-121.
3. Farman J.C., B.G. Gardiner, J.D. Shanklin, Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal C10x / NOx interaction, *Nature*, 315, 207-210, 1985.
4. Caton W.M., W.J. Welch, S. Silver, Absorption and emission in the 8 millimeter region by ozone in the upper atmosphere, *J. Geophys. Res.*, 72, No 24, 6137-6148, 1967.
5. Caton W.M., G. G. Mannella, P.M. Kalaghan, A.E. Barrington, H.J. Ewen, Radio measurements of the atmospheric ozone transition at 101.7 GHz, *Astrophys. J.* 151, No3, Pt2, 153-156, 1968.
6. АН СССР, сер. «Физика атмосферы и океана», 8, №1, 29-36, 1972.
7. Shimabukuro F.I., W.J. Wilson, Observations of atmospheric ozone at 110.836 GHz, *J. Geophys. Res.*, 78, No 27, 6136-6139, 1973.
8. Куликов Ю.Ю., Е.Ф. Ризов, Л.И. Федосеев, А.А. Швецов, И.В. Кузнецов, Э.П. Кукина, Измерение оптической толщи атмосферы Земли в линиях CO и O3 ( $X=1.3-1.4$  мм). // Изв. АН СССР, сер. «Физика атмосферы и океана», 11, № 10, 1071-1075, 1975.
9. Кисляков А.Г., Куликов Ю.Ю., Рыскин В.Г., Поглощение микрорadioволн примесными газами атмосферы. // Труды ИПФ АН СССР. Сборник «Спектральные исследования космического и атмосферного излучения», 84-123, Горький, 1979.
10. Nov. 28 Dec. 3, Moscow. Edit. The University of Wales // Institute of Science and Technology, N1 -Nil, 1977.
11. Буров А.Б., Красильников А.А., Куликов Ю.Ю., Рыскин В.Т. Наземные измерения вращательного перехода озона. // 2 Всесоюзный симпозиум по миллиметровым и субмиллиметровым волнам, Тезисы докладов, 163. – Харьков, 1978.
12. Вдовин В.Ф. Обсерватория для мониторинга озонового слоя земли в мм диапазоне длин волн в Среднеазиатском регионе. Первые наблюдения / И.И. Зинченко, А.Г. Кисляков, А.А. Красильников, Ю.Ю. Куликов, В.И. Носов, Е.В. Носова, В.Г. Рыскин, А.Т. Орозобаков, Т.О. Орозобаков, Ю.И. Орехов, Е.И. Шкелев, Л.П. Хохрин // Международный симпозиум «Физика атмосферы: Наука и образование». 11-13 сент. 2007. – Санкт-Петербург, 2007. – С. 118-122.
13. Орозобаков А.Т., Саякбаева Б.Б., Орозобаков Э.У. Наземные радиофизические наблюдения высотного распределения озона над регионом Средней Азии. // Журнал радиоэлектроники, №12, 2018. – С. 1-13.
14. Орозобаков А.Т., Саякбаева Б.Б., Токтосунуев Э.К. Наземные измерения высотного распределения озона на миллиметровых волнах в Иссык-Кульской обсерватории. // Наука и новые технологии, 2020. – №4. – С.3-9.
15. Орозобаков А.Т., Саякбаева Б.Б., Орозобаков Э.У. Измерения концентрации озона на миллиметровых волнах по атмосферной калибровке. // Наука и новые технологии, 2022, №3. – С. 3-9.
16. Орозобаков А.Т., Саякбаева Б.Б., Орозобаков Э.У., Токтосунуев Э.К. Общее содержание озона над Средней Азией по результатам обработок данных мировой сети. // Известия ВУЗов, 2019, №8. – С. 3-11.
17. <http://mirador.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/mirador/presentNavigation.pl?tree=project&project=MLS>
18. <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/clf2/selectMap>
19. <https://www.woudc.org> (World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre)
20. Орозобаков А.Т., Саякбаева Б.Б., Орозобаков Э.У., Садырбаева М. Распределение озонового слоя по данным орбитальных и наземных микроволновых измерений. // Известия ВУЗов Кыргызстана. 2017. №. 7. – С. 3-7