

УДК 551.510.534.3 + 551.571.3

## Пространственно-временное распределение общего содержания водяного пара и озона в континентальных районах Сибири и переходной зоне «материк—океан» Дальнего Востока

Т.К. Складнева, Н.Я. Ломакина, Т.В. Бедарева\*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН  
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1*

Поступила в редакцию 21.03.2012 г.

Представлены результаты анализа пространственно-временной изменчивости общего влагосодержания в столбе атмосферы  $W$  и общего содержания озона над Западной и Восточной Сибирью, Приморьем и районом Японского моря. Проведен сравнительный анализ данных по  $W$ , полученных по радиозондовым и спутниковым данным. Наблюдается удовлетворительное совпадение результатов летом и расхождение (более чем в 2 раза) зимой.

*Ключевые слова:* влагосодержание атмосферы, общее содержание озона, спутниковые и радиозондовые измерения; total moisture of atmosphere; total ozone; satellite and radiosonde measurements.

### Введение

Изучение радиационных факторов климата и оптических компонент атмосферы является одной из задач климатологии. Аэрозоль, водяной пар и озон, наряду с другими факторами, являются важнейшими компонентами, определяющими процесс переноса солнечного и теплового излучения в системе «атмосфера — подстилающая поверхность». Это обуславливает высокие требования к измерениям содержания  $H_2O$ ,  $O_3$  и аэрозоля, их вертикальных профилей в различных метеорологических ситуациях и качеству параметризаций, использующихся в радиационных расчетах [1, 2].

Концентрация данных параметров атмосферы изменяется в широких пределах в зависимости от высоты места или уровня в атмосфере, сезона года, физико-географических и циркуляционных условий. Для проведения реальных расчетов радиационных характеристик для различных регионов Сибири и переходной зоны «материк—океан» Дальнего Востока необходимо было собрать, сопоставить и проанализировать интегральные характеристики атмосферы за последнее десятилетие. В работах [3–6] проведен подробный анализ изменчивости аэрозольной оптической толщи для районов Западной и Восточной Сибири, а также недостаточно изученной переходной зоны «материк—океан» Дальневосточного Приморья.

Исследованию закономерностей пространственно-временного распределения общего влагосодержания атмосферы  $W$  уделено значительное место в метеорологической литературе [7, 8]. Однако в период современного глобального потепления и особенно в связи с наметившейся в последнее десятилетие тенденцией его замедления и даже похолодания [9–12] в отдельных районах Сибирского региона распределение влажности воздуха и, следовательно, интегрального влагосодержания атмосферы в настоящее время также претерпевает некоторые изменения [13]. В связи с этим в настоящей статье для исследования были использованы данные наблюдений за последние 10 лет. На основе современных данных рассмотрена пространственно-временная изменчивость общего влагосодержания в столбе атмосферы и общего содержания озона над некоторыми территориями азиатской части России и Японского моря, а также проведен сравнительный анализ результатов, полученных по спутниковым и радиозондовым измерениям для выбранных районов.

### Исходные данные

Анализ пространственно-временной изменчивости  $W$  и общего содержания озона (СО) проведен для пяти районов:

1. Западная Сибирь (54–67° с.ш., 60–90° в.д.).
2. Север Восточной Сибири (60–70° с.ш., 96–125° в.д.; 60–63° с.ш., 125–135° в.д.).
3. Забайкалье (50–56° с.ш.; 108–120° в.д.).
4. Приморье (43–48° с.ш., 130–135° в.д.; 48–54° с.ш., 135–140° в.д.).

\* Татьяна Константиновна Складнева (tatyana@iao.ru); Наталья Яковлевна Ломакина (lnya@iao.ru); Татьяна Владимировна Бедарева (btv@iao.ru).

5. Японское море (36–43° с.ш., 130–139° в.д.).

Район севера Восточной Сибири разделен на два подрайона: I – (60–70° с.ш.; 96–125° в.д.) и II – (60–63° с.ш.; 125–135° в.д.). Тем самым из рассмотрения был исключен горный массив. Район Приморья также разделен на два подрайона: север Приморья (48–54° с.ш.; 135–140° в.д.), расположенного вдоль Татарского пролива и юг Приморья (43–48° с.ш.; 130–135° в.д.), идущий от побережья Японского моря в глубь континента.

В качестве исходных данных были использованы:

– среднемесячные данные  $W$ , полученные на основе измерений спутниковым сканером MODIS/TERRA за период 2000–2010 гг. с пространственным разрешением 1° (коллекция 5.1, <http://disc1.sci.gsfc.nasa.gov>) на основе дневных безоблачных измерений;

– среднемесячные данные ОСО, полученные на основе измерения спутниковым сканером TOMS/OMI за период с 2004 по 2010 г. (<ftp://ozoneaq.gsfc.nasa.gov>);

– данные двухсрочных (00:00 и 12:00 GMT) радиозондовых наблюдений сети аэрологических станций для января и июля за период с 2000 по 2010 г. (<http://www.weather.uwyo.edu/>).

Следует отметить, что в период с ноября по февраль спутниковые данные представлены не в полном объеме (нет данных выше 65° с.ш.). Для района Японского моря в период с октября по февраль данные также представлены не в полном объеме (в каждом месяце не больше 28 точек). Это обстоятельство не позволяет построить полную картину пространственного распределения исследуемых характеристик.

## Общее влагосодержание атмосферы

Согласно данным спутниковых измерений общее влагосодержание атмосферы над рассматриваемыми районами изменялось от 0,10 до 3,57 г/см<sup>2</sup>. На рис. 1 приведен среднегодовой ход  $W$  в рассматриваемый период для анализируемых районов.

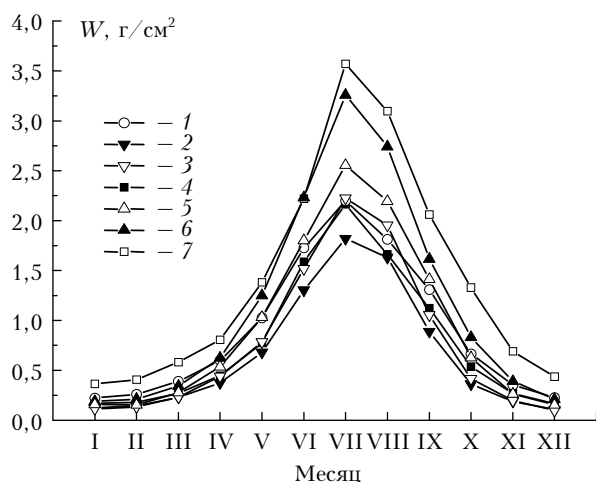


Рис. 1. Среднегодовой ход влагосодержания в Западной Сибири (1), на севере Восточной Сибири (I – 2, II – 3), Забайкалье (4), на севере (5) и юге (6) Приморья и над Японским морем (7)

Видно, что во всех районах влагосодержание увеличивается от зимы к лету и максимум наблюдается в июле. В районе Японского моря в течение года влагосодержание выше, чем в остальных районах. С октября по апрель над территорией Западной Сибири и на севере Восточной Сибири общее влагосодержание атмосферы изменялось в диапазоне 0,12–0,66 г/см<sup>2</sup>, в Забайкалье и Приморье – от 0,15 до 0,83 г/см<sup>2</sup>. В летний период минимальное влагосодержание отмечено в районе севера Восточной Сибири. Над территорией Западной Сибири и Забайкалья  $W$  изменялось в диапазоне 1,59–2,20 г/см<sup>2</sup>, а на юге Приморья влагосодержание в 1,5 раза выше, чем в Забайкалье и ближе по своим значениям к району Японского моря. Из рис. 1 видно, что в июле влагосодержание атмосферы над Западной Сибирью, севером Восточной Сибири и Забайкальем практически одинаково и составляет  $(2,15 \pm 0,09)$  г/см<sup>2</sup>.

Анализ пространственно-временного распределения  $W$  показал, что наблюдалась пространственная неоднородность распределения общего влагосодержания атмосферы над рассматриваемыми территориями.

На территории *Западной Сибири* в январе минимальные значения влагосодержания наблюдались севернее 60-й параллели, а максимальные – южнее. В июле распределение  $W$  существенно не отличалось от распределения в январе:  $W$  уменьшалось в северо-восточном направлении рассматриваемой территории. Наибольшие значения отмечались на юго-западе Западной Сибири, а наименьшие – на северо-востоке.

На *севере Восточной Сибири* наблюдается широтное распределение влагосодержания во все месяцы. Наибольшие значения  $W$  отмечены до 65° с.ш. В летний период до 68° с.ш. распределение  $W$  практически равномерное и изменяется в диапазоне 1,7–2,2 г/см<sup>2</sup>. В весенне-летний период максимальное влагосодержание отмечено вдоль 130° в.д. (128–132° в.д. – район рек Лена и Алдан), а в осенне-зимний период – в юго-восточной части (район р. Алдан и ее притоков). В летний период влагосодержание до 63° с.ш. на 20% выше, чем в полярных широтах.

В *Забайкалье* влагосодержание во все месяцы растет с северо-запада на юго-восток с максимумом на юго-востоке Забайкальского региона. В летне-осенний период распределение  $W$  на большей части Забайкалья можно считать равномерным.

В *Приморье* максимальное влагосодержание отмечено в прибрежной зоне Японского моря. Юг Приморья характеризуется более высоким влагосодержанием, чем север, на протяжении всего года. На юге Приморья в июле пространственное распределение  $W$  практически однородно (3,2–3,6 г/см<sup>2</sup>).

В качестве примера на рис. 2 показано пространственное распределение  $W$  над территорией рассматриваемых районов для июля.

Проведено сравнение величин  $W$ , полученных по радиозондовым и спутниковым измерениям для выбранных районов.

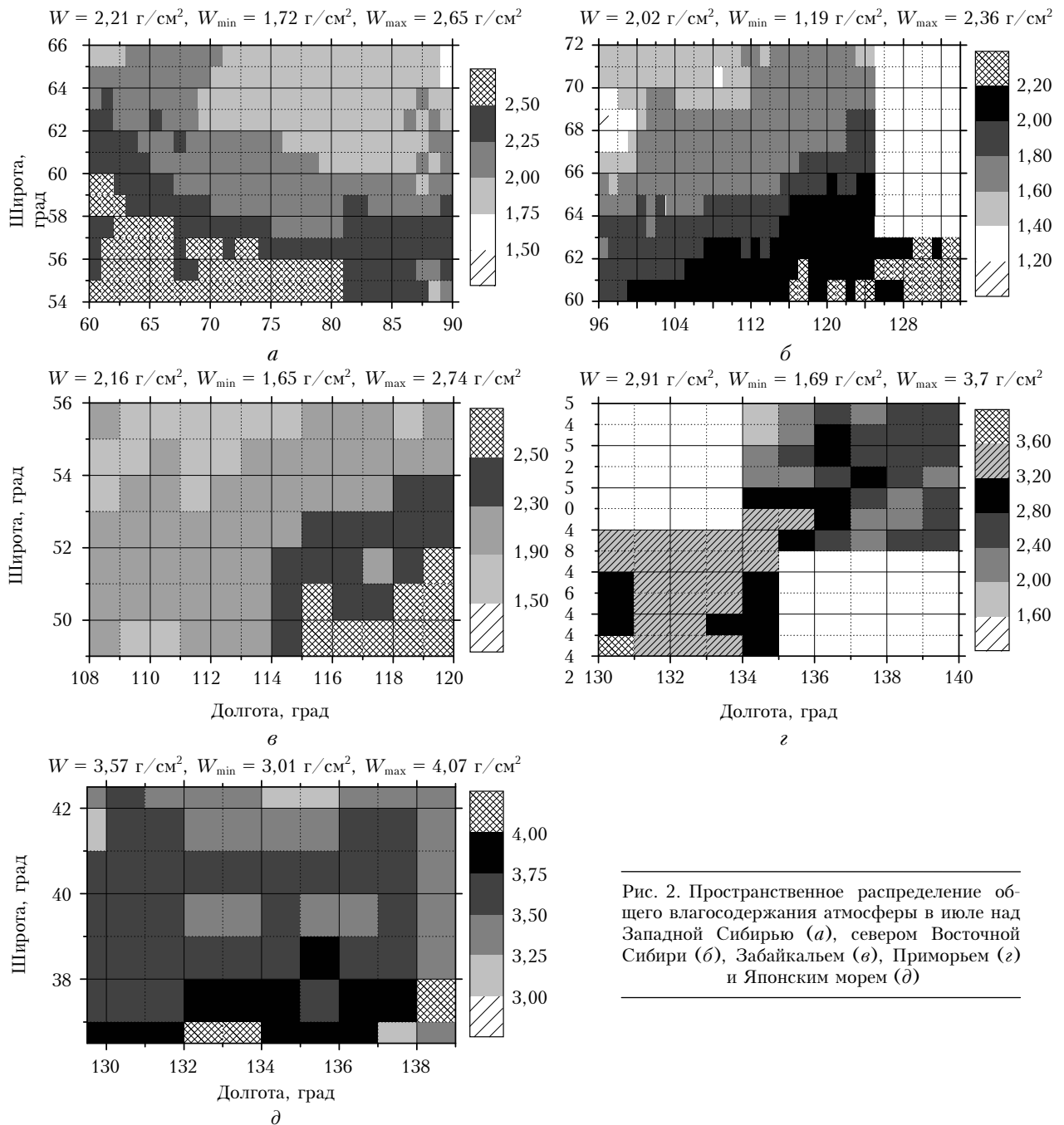


Рис. 2. Пространственное распределение общего влагосодержания атмосферы в июле над Западной Сибирью (а), севером Восточной Сибири (б), Забайкальем (в), Приморьем (г) и Японским морем (д)

Общее влагосодержание атмосферы при использовании радиозондовых наблюдений рассчитывалось по формуле [8]:

$$W = \frac{1}{g} \int_{p_H}^{p_0} q dp, \quad (1)$$

где  $g$  — ускорение силы тяжести,  $\text{см/с}^2$ ;  $p_0$  и  $p_H$  — атмосферное давление при  $z = 0$  и  $z = H$ , гПа;  $q$  — массовая доля водяного пара,  $\frac{0}{00}$ ;  $W$  — общее влагосодержание атмосферы,  $\text{г/см}^2$ .

Известно, что влажность воздуха на различных высотах существенно изменяется в зависимости от

времени и места наблюдения. В пограничном слое атмосферы наряду с синоптическими процессами заметную роль в вариации влагосодержания играют мезомасштабные процессы с характерным размером от десятков до сотен километров. В соответствии с разработанной методикой объективной классификации климатов пограничного слоя атмосферы [14] территория Западной Сибири разделена (по температурно-влажностному и ветровому режиму пограничного слоя атмосферы) на 4 однородных района зимой и 4 — летом, а территория Восточной Сибири — на 8 однородных районов зимой и 5 — летом [15]. Надо отметить, что границы районов в зимний и летний периоды не совпадают между собой.

На основе радиозондовых наблюдений для каждого из районов были построены локальные статистические модели массовой доли водяного пара до высоты 1,6 км. Объем статистических совокупностей (для разных районов он включает от 445 до 2450 профилей) достаточен для получения надежных и достоверных характеристик вертикальной структуры исследуемой величины. Полученные модели были совмещены (методом линейной интерполяции) с региональными моделями [16, 17], построенными до высоты 30 км. В качестве примера на рис. 3 приведе-

ны модельные профили массовой доли водяного пара в тропосфере различных районов для января. По данным модельных профилей массовой доли водяного пара для выбранных районов были рассчитаны величины общего влагосодержания атмосферы в слое 0–30 км.

Сравнительный анализ значений  $W$ , полученных по спутниковым и радиозондовым измерениям для районов Западной и Восточной Сибири, а также Приморья и Японского моря, представлен в таблице.

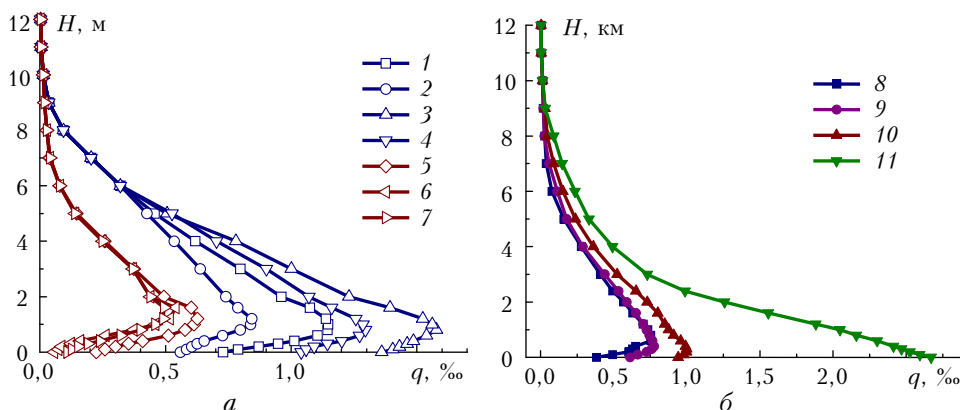


Рис. 3. Средние профили высотного распределения массовой доли водяного пара в тропосфере различных физико-географических районов в январе. Западная Сибирь: 1 – (62–67° с.ш.; 60–85° в.д.); 2 – (62–67° с.ш.; 85–90° в.д.); 3 – (54–62° с.ш.; 60–68° в.д.); 4 – (54–62° с.ш.; 68–90° в.д.); север Восточной Сибири: 5 – (60–70° с.ш.; 90–125° в.д.); 6 – (64–70° с.ш.; 125–135° в.д.); 7 – (60–64° с.ш.; 125–135° в.д.); 8 – Забайкалье; 9 – север Приморья; 10 – юг Приморья; 11 – Японское море

**Средние значения влагосодержания атмосферы  $W$ , г/см<sup>2</sup>, для различных физико-географических районов, полученные по данным спутниковых и радиозондовых (в слое 0–30 км) наблюдений**

Район	Январь		Июль	
	радиозонд	спутник	радиозонд	спутник
<b>Западная Сибирь:</b>				
<b>Январь:</b>				
62–67° с.ш.; 60–85° в.д.	0,49 ± 0,3	0,17 ± 0,02		
62–67° с.ш.; 85–90° в.д.	0,39 ± 0,28	0,14 ± 0,01		
54–62° с.ш.; 60–68° в.д.	0,62 ± 0,37	0,27 ± 0,05		
54–62° с.ш.; 68–90° в.д.	0,55 ± 0,38	0,24 ± 0,05		
<b>Июль:</b>				
60–67° с.ш.; 60–90° в.д.			2,50 ± 0,82	2,01 ± 0,15
54–60° с.ш.; 60–75° в.д.			2,66 ± 0,8	2,46 ± 0,12
54–60° с.ш.; 75–85° в.д.			2,73 ± 0,78	2,34 ± 0,17
54–60° с.ш.; 85–93° в.д.			2,74 ± 0,79	2,27 ± 0,16
<b>Восточная Сибирь:</b>				
<b>Январь:</b>				
60–70° с.ш.; 90–125° в.д.	0,24 ± 0,14	0,13 ± 0,02		
64–70° с.ш.; 125–135° в.д.	0,20 ± 0,10	0,10 ± 0,01		
60–64° с.ш.; 125–135° в.д.	0,21 ± 0,1,	0,11 ± 0,01		
<b>Июль:</b>				
70–75° с.ш.; 100–135° в.д.			2,32 ± 1,03	1,55 ± 0,12
60–70° с.ш.; 100–135° в.д.			2,68 ± 1,12	1,90 ± 0,24
<b>Забайкалье</b>				
50–56° с.ш.; 108–120° в.д.	0,25 ± 0,14	0,17 ± 0,02	2,53 ± 0,83	2,16 ± 0,25
<b>Север Приморья</b>				
48–54° с.ш.; 135–140° в.д.	0,29 ± 0,15	0,16 ± 0,02	3,51 ± 0,99	2,55 ± 0,39
<b>Юг Приморья</b>				
43–48° с.ш.; 130–135° в.д.	0,37 ± 0,22	0,19 ± 0,02	3,97 ± 1,16	3,26 ± 0,20
<b>Японское море</b>				
36–43° с.ш.; 130–139° в.д.	0,70 ± 0,42	0,37 ± 0,14	4,43 ± 1,39	3,57 ± 0,21

Видно, что для всех выбранных районов и независимо от сезона значение влагосодержания в столбе атмосферы по спутниковым данным попадает в диапазон изменения  $W$  по результатам радиозондовых измерений. В летние месяцы совпадение интегрального влагосодержания атмосферы можно считать удовлетворительным. В зимние месяцы значения  $W$  расходятся более чем в 2 раза. Последнее обстоятельство обусловлено, по всей видимости, различными подходами к восстановлению влажности, наиболее значимо проявляющимися при небольшом содержании  $H_2O$  в атмосфере. Спутниковые измерения соответствуют малооблачным условиям, а радиозондовые наблюдения выполнялись в различных атмосферных условиях, в том числе и в присутствии облачности.

В работе [18] показано, что средняя влажность в ясную погоду существенно ниже, чем при наличии сплошной облачности нижнего яруса, причем наибольшие различия в основном наблюдаются вблизи земной поверхности. Авторы [18] отмечают, что наличие облачности увеличивает величину влажности почти в 2 раза зимой и незначительно летом. Кроме того, погрешность восстановления влажности по данным MODIS возрастает над подстилающими поверхностями с большим альбедо, т.е. в зимний период при наличии снежного покрова.

## Общее содержание озона

Для России характерно меридиональное распределение содержания озона с экстремально большим его содержанием над Дальним Востоком, с убыванием ОСО с востока на запад Сибири (в широтной зоне  $50-80^\circ$  с.ш.). Для анализируемых районов получен средний годовой ход ОСО за рассматриваемый период (рис. 4).

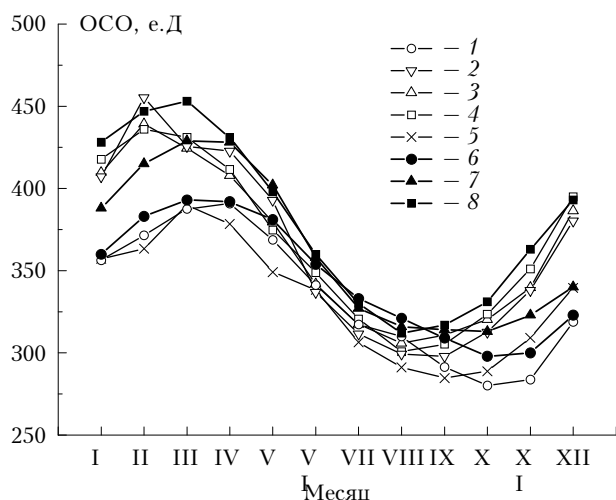


Рис. 4. Среднегодовой ход общего содержания озона над Западной Сибирью (1), севером Восточной Сибири (2), Забайкальем (3), Приморьем (4) и Японским морем (5), а также климатические нормы ОСО за период 1973–2002 гг. (наземные данные) для Западной Сибири (6), Восточной Сибири (7) и Дальнего Востока (8)

Видно, что временное распределение общего содержания озона на севере Восточной Сибири близко к районам Забайкалья и Приморья. Амплитуда годового хода ОСО в этих районах составила 130–150 е.Д., а ОСО изменялось в диапазоне 300–450 е.Д. Для Западной Сибири и района Японского моря амплитуда годового хода ОСО составила 105–110 е.Д. Надо отметить, что в июне во всех 5 районах наблюдается примерно одинаковое содержание озона.

Сравнение спутниковых и наземных измерений ОСО рядом авторов [19–22] показало, что значения достаточно хорошо согласуются между собой. Из работы [19] следует, что среднее расхождение между спутниковыми значениями ОСО (TOMS) и значениями ОСО, полученными наземными приборами Добсона, Брюера и М-124, находится в пределах  $\pm 1\%$ . Среднеквадратическое отклонение при измерениях по прямому Солнцу составляет соответственно 2,4; 2,2 и 3,5%. В работе [20] отмечено, что российские наземные измерения ОСО хорошо согласуются с данными TOMS (среднее рассогласование  $\Delta_{TOMS-M-124}$  составляет  $-1,8\%$ , при среднеквадратическом отклонении  $\sigma_{TOMS-M-124} = 4,2\%$  и коэффициенте корреляции  $R = 0,94$ ).

Авторы работы [21], проведя сравнение данных наземных измерений ОСО спектрофотометром Добсона (среднемесячных данных), взятых из Интернет-ресурса [www.woudc.org](http://www.woudc.org) и спутниковых данных TOMS, выявили, что для станций, расположенных в средних широтах, наблюдается высокая степень согласия измерений TOMS из наземных станций в теплое полугодие. В холодное полугодие для таких точек характерны более высокие расхождения спутниковых и наземных измерений, не выходящих за пределы заявленной погрешности TOMS (3%). В то же время в работе [22] отмечается, что данные, полученные с помощью прибора TOMS в высоких широтах, завышены по сравнению с наземными.

С учетом вышеизложенного нами проведено сравнение среднемесячных значений ОСО за рассматриваемый период с климатической нормой ОСО для Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока за период 1973–2002 гг. [23], полученных на основе данных наземных наблюдений (рис. 4). Из графика видно, что за период 2004–2010 гг. для Западной Сибири, Приморья и Забайкалья ОСО было ниже соответствующих климатических норм. Для севера Восточной Сибири тенденция другая: с мая по сентябрь ОСО ниже многолетней климатической нормы для Восточной Сибири, а в зимний период — выше. Однако надо отметить, что тенденция уменьшения ОСО с середины 1990-х гг. сменилась его возрастанием. Отмечено, что в Северном полушарии смена знака тенденции идет быстрее, чем в Южном [24–26].

Пространственное распределение ОСО внутри выбранных районов неоднородно и изменяется в зависимости от сезона. Для Западной Сибири в зимний и летний периоды имеет место широтное распределение ОСО. В то же время в апреле наблюдается диагональное распределение ОСО с максимумом в северо-восточной и минимумом в юго-западной части

Западной Сибири, а в октябре проявляется меридиональное распределение содержания озона с большим содержанием ОСО на востоке, с убыванием его значений на запад Западной Сибири.

В Забайкалье распределение ОСО имеет ярко выраженную долготную зависимость с минимумом на западе и максимумом на востоке. В Приморье и Японском море наблюдается меридиональная зависимость. Для всех трех районов наибольшая неоднородность распределения ОСО наблюдается в зимние месяцы, а минимальная в июле (в Забайкалье и Приморье повторяемость ОСО в диапазоне 300–325 е.Д. составила 100%, а районе Японского моря – 81%).

На рис. 5 для примера показано пространственное распределение ОСО в октябре для Западной Сибири и Забайкалья.

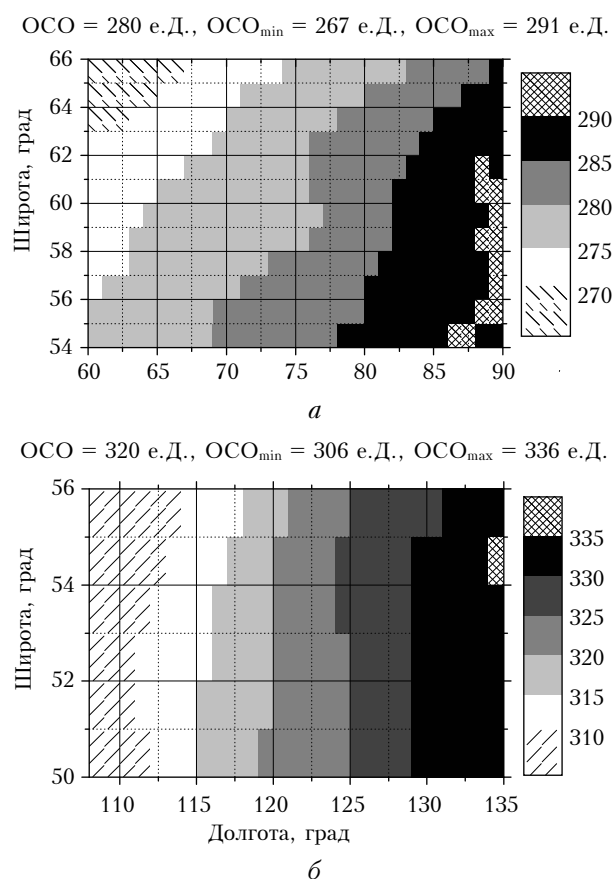


Рис. 5. Пространственное распределение общего содержания озона в октябре над Западной Сибирью (а) и Забайкальем (б)

### Заклучение

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

– влагосодержание атмосферы в январе на территории Западной Сибири несколько выше, чем в районах Восточной Сибири и Приморья, а в июле имеет место противоположное соотношение; при этом в районе Японского моря в течение года влагосодержание выше, чем в остальных районах;

– наблюдается пространственная неоднородность распределения общего влагосодержания атмосферы над рассмотренными территориями;

– спутниковые данные относительно общего содержания водяного пара в атмосфере ниже по сравнению со значениями, рассчитанными по радиозондовым наблюдениям, особенно в зимний период;

– в период 2004–2009 гг. годовое распределение ОСО в выбранных районах было ниже климатической нормы;

– пространственное распределение ОСО внутри районов зависит от сезона. Наиболее однородным по распределению ОСО является июль.

Работа выполнена при поддержке программы Президиума РАН № 4, программы ОНЗ РАН № 5, междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН № 35, 70 и 131, грантов РФФИ № 11-05-00470, 11-05-00516, 11-05-93116 и 11-05-93118, госконтрактов Минобрнауки № 14.518.11.7045, 8325 и 11.519.11.5009.

1. Журавлева Т.Б., Кабанов Д.А., Сакерин С.М., Фирсов К.М. Моделирование прямого радиационного форсинга аэрозоля для типичных летних условий Сибири. Часть 2: Диапазон изменчивости и чувствительность к входным параметрам // Оптика атмосф. и океана. 2009. Т. 22, № 2. С. 173–182.
2. Чеснокова Т.Ю., Журавлева Т.Б., Воронова Ю.В., Складнева Т.К., Ломакина Н.Я., Ченицов А.В. Моделирование потоков солнечного излучения с использованием высотных профилей концентрации водяного пара, характерных для условий Западной Сибири // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 11. С. 969–975.
3. Сакерин С.М., Горбаренко Е.В., Кабанов Д.М. Особенности многолетней изменчивости аэрозольной оптической толщины атмосферы и оценки влияния различных факторов // Оптика атмосф. и океана. 2008. Т. 21, № 7. С. 625–631.
4. Сакерин С.М., Береснев С.А., Горда С.Ю., Кабанов Д.М., Корниенко Г.И., Маркелов Ю.И., Михалев А.В., Николашкин С.В., Панченко М.В., Поддубный В.А., Полькин В.В., Смирнов А., Тащилин М.А., Турчинович С.А., Турчинович Ю.С., Холбен Б., Еремича Т.А. Характеристики годового хода спектральной аэрозольной оптической толщи атмосферы в условиях Сибири // Оптика атмосф. и океана. 2009. Т. 22, № 6. С. 566–574.
5. Михалев А.В., Тащилин М.А. Аэрозольная оптическая толща атмосферы и ее вариации в регионе Восточной Сибири (Тункинская долина) в 2004–2008 гг. // Оптика атмосф. и океана. 2009. Т. 22, № 6. С. 575–578.
6. Сакерин С.М., Андреев С.Ю., Бедарева Т.В., Кабанов Д.М., Корниенко Г.И., Холбен В., Смирнов А. Аэрозольная оптическая толща атмосферы в Дальневосточном Приморье по данным спутниковых и наземных наблюдений // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 8. С. 654–660.
7. Справочник статистических характеристик температуры и влажности в свободной атмосфере над СССР. Часть IV / Под ред. В.С. Комарова. М.: Гидрометеиздат, 1975. 142 с.
8. Комаров В.С. Статистические параметры общего влагосодержания атмосферы и их применение в некоторых прикладных задачах // Труды ВНИИГМИ-МЦД. М.: Московское отделение Гидрометеиздата, 1976. Вып. 28. 52 с.
9. Переведенцев Ю.П. Теория климата. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2009. 504 с.

10. Комаров В.С., Ломакина Н.Я., Лавриненко А.В., Ильин С.Н. Изменения климатов пограничного слоя атмосферы Сибири в период глобального потепления. Часть 1. Аномалии и тренды температуры воздуха // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 11. С. 942–950.
11. Комаров В.С., Лавриненко А.В., Ильин С.Н., Ломакина Н.Я., Горев Е.В. Долговременные изменения температуры в пограничном слое атмосферы над территорией Сибири. Часть 1. Изменение среднегодовой температуры // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 8. С. 684–690.
12. Комаров В.С., Лавриненко А.В., Ильин С.Н., Ломакина Н.Я., Горев Е.В. Долговременные изменения температуры в пограничном слое атмосферы над территорией Сибири. Часть 2. Изменение среднесезонной температуры // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 9. С. 790–798.
13. Комаров В.С., Ломакина Н.Я., Лавриненко А.В., Ильин С.Н. Изменения климатов пограничного слоя атмосферы Сибири в период глобального потепления. Часть 2. Аномалии и тренды влажности воздуха // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 11. С. 951–956.
14. Комаров В.С., Ломакина Н.Я. Статистические модели пограничного слоя атмосферы Западной Сибири. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2008. 222 с.
15. Ломакина Н.Я., Комаров В.С., Ильин С.Н. Статистические модели высотного распределения температуры, влажности и ветра в пограничном слое атмосферы Восточной Сибири // Оптика атмосфер. и океана. 2012. Т. 25, № 7. С. 629–632.
16. Зуев В.Е., Комаров В.С. Статистические модели температуры и газовых составляющих атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 264 с.
17. Комаров В.С. Статистика в приложении к задачам прикладной метеорологии. Томск: Изд-во СО РАН, 1997. 255 с.
18. Комаров В.С., Ломакина Н.Я., Ильин С.Н. Вертикальная структура полей температуры и влажности в пограничном слое атмосферы над Западной Сибирью в условиях ясной погоды и наличия сплошной облачности // Оптика атмосфер. и океана. 2009. Т. 22, № 9. С. 849–852.
19. Fioletov V.T., Bodeker G.E., Miller A.J., McPeters R.D. Global and zonal total ozone variations estimated from ground-based and satellite measurements: 1964–2000 // J. Geophys. Res. D. 2002. V. 107, N 22. 4647, doi: 10.1029/2001 JD001350.
20. Ионов Д.В., Тимофеев Ю.М., Шаламянский А.М. Сравнения спутниковых (аппаратура GOME, TOMS) и наземных измерений общего содержания озона // Исслед. Земли из космоса. 2002. № 2. С. 1–10.
21. Баженов О.Е. Долговременные тренды изменений общего содержания озона по данным наземных (Томск: 56,48° с.ш., 85,05° в.д.) и спутниковых измерений // Оптика атмосфер. и океана. 2011. Т. 24, № 9. С. 770–774.
22. Bodeker G.E., Scott J.C., Kreher K., McKenzie R.L. Global ozone trends in potential vorticity coordinates using TOMS and GOME intercompared against the Dobson network: 1978–1998 // J. Geophys. Res. D. 2001. V. 106, N 19. P. 23029–23042.
23. Шаламянский А.М., Кароль И.Л., Клягина Л.П., Романкина К.И. Общее содержание озона над территорией Российской Федерации и прилегающих стран по 30-летним измерениям наземных станций // Метеорол. и гидрол. 2004. № 8. С. 24–35.
24. Звягинцев А.М., Крученицкий Г.М., Черников А.А. Изменчивость трендов вертикального распределения озона в стратосфере и их связи с долговременными изменениями высоты тропопаузы // Изв. РАН. Физ. атмосфер. и океана. 2005. Т. 41, № 4. С. 476–486.
25. Звягинцев А.М., Крученицкий Г.М., Черников А.А. Долговременные изменения озона в тропосфере // Изв. РАН. Физ. атмосфер. и океана. 2005. Т. 41, № 1. С. 47–58.
26. Звягинцев А.М., Ананьев Л.Б., Артамонова А.А. Изменчивость общего содержания озона над территорией России в 1973–2008 гг. // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 3. С. 190–195.

*T.K. Sklyadneva, N.Ya. Lomakina, T.V. Bedareva. Spatial and temporal distributions of the total ozone and water vapor in continental regions of Siberia and the transition zone “continent–ocean” at Far East.*

Results of the analysis of spatial-temporal distribution of atmospheric total moisture ( $W$ ) and total ozone over Western Siberia, Eastern Siberia, Primorye, and Japanese sea are presented. The evaluation of total moisture was made, using data of radiosonde and satellite measurements. Satellite measurements agree satisfactorily in summer; in winter they disagree more then by two orders of magnitude.