СВЯЗЬ ИНТЕГРАЛЬНОГО ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ АТМОСФЕРЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ НАД ЕВРАЗИЙСКИМ МАТЕРИКОМ

Васильев М.С., Николашкин С.В., Бороев Р.Н.

ФГБУН Институт космофизических исследований и аэрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН

пр. Ленина, 31, 677980, г. Якутск, Россия

e-mail: m.s.vasiliev@ikfia.ysn.ru

Ключевые слова: влагосодержание атмосферы, циркуляция атмосферы, тропосфера, стратосфера.

В работе приводится сравнительный анализ интегрального влагосодержания атмосферы (*W*) между данными ре-анализа ERA-Interim и спектральной солнечной фотометрии международной глобальной сети AERONET над Евразийским материком. За период 1979-2015 гг. проведен корреляционный анализ между *W* и элементами общей циркуляции атмосферы (ОЦА), а также квазидвухлетними колебаниями (КДК) зонального ветра в экваториальной стратосфере.

В работе [1] показано, что над северо-востоком Евразии наблюдается широтная связь *W* с КДК зонального ветра в экваториальной стратосфере и солнечной активностью. Авторами работы [1] обнаружена достоверно значимая корреляционная связь среднегодовых значений *W* и КДК при восточной фазе зонального ветра в экваториальной стратосфере над локальными станциями наблюдения (ст. Якутск, ст. Томск, ст. Иркутск и ст. Даланзадгад).

В настоящей работе использованы данные *W* ре-анализа ERA-Interim (были отобраны «ячейки» содержащие среднемесячные значения с широтно-долготным разрешением 0,125 × 0,125^{o} вокруг локальных станций наблюдения) и солнечных фотометров сети AERONET (AErosol RObotic NETwork, http://aeronet.gsfc.nasa.gov). Локальные станции сети AERONET расположены в разных частях на материке Евразия (рисунок 1). Привлечены многолетние ряды климатических индексов общей циркуляции атмосферы (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/teleconnections.shtml): Североатлантическое колебание (САК/NAO), Арктическое колебание (АК/AO), Северо-Тихоокеанское колебание (СТК/PNA) и Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК/ENSO - Nino 3.4, http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/). Информация о средних значениях (зап. фаза – отрицательные значения, вост. фаза - положительные) индекса КДК (QBO – quasi-biennial oscillation) на уровне 30 Мбар получена по данным NOAA/ESRL PSD (http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/qbo.data).

На рисунке 2 для примера представлен сравнительный анализ среднегодовых и среднемесячных значений *W* по данным ст. Звенигород и ERA-Interim. Видно, что наблюдается разница средних значений *W*. Однако коэффициенты корреляции составили 0.89 и 0.98, соответственно для среднегодовых и среднемесячных значений *W*.

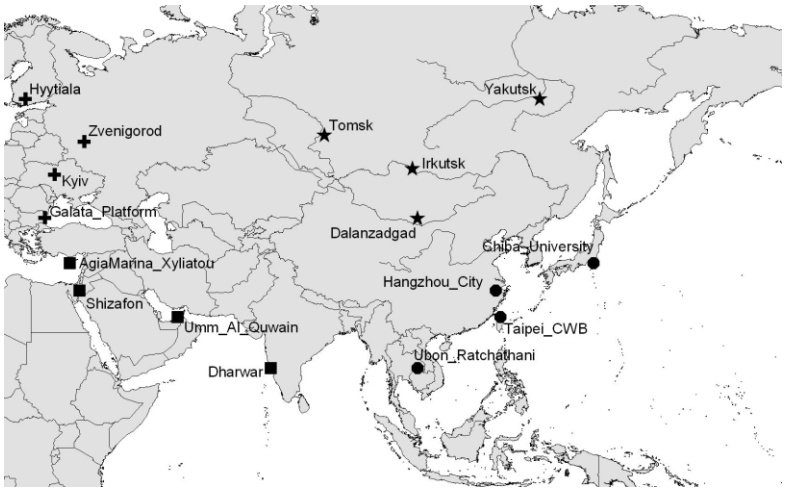

Рисунок 1 - Расположение солнечных фотометров сети АЭРОНЕТ в Евразии, данные которых использованы в работе. Маркером в виде плюса отмечены станции находящиеся в северо-западной части Евразии; звездами – станции в северо-восточной; квадратами – в юго-западной и кругами – в юго-восточной части.

Таким образом, сравнительный анализ среднегодовых и среднемесячных значений *W* между данными сети AERONET и ERA-Interim над Евразийским материком показал, что наблюдается разница средних значений, но в то же время высокая корреляционная связь (свыше 0,8), указывающая на временную согласованность. Считаем, что данные ERA-Interim пригодны для рассмотрения пространственно-временных изменений *W*.

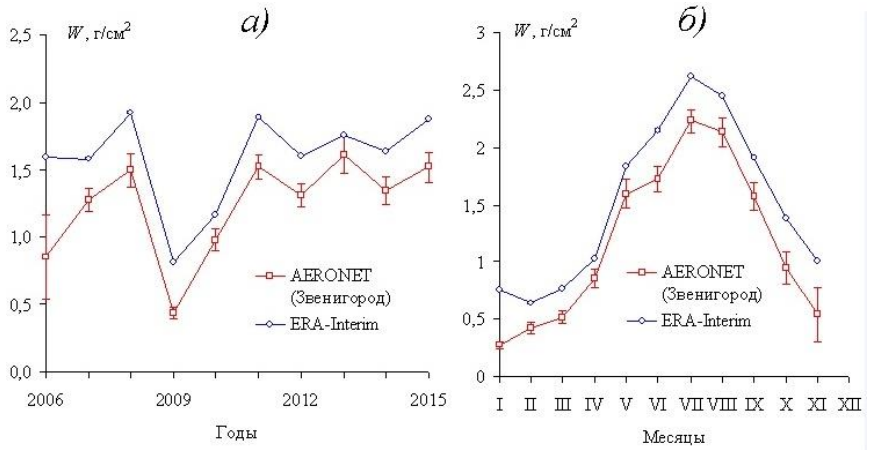

Рисунок 2 - Среднегодовые (*а*) и среднемесячные (*б*) вариации *W* по данным ст. Звенигород и ERA-Interim за период 2006-2015 гг.

В таблице 1 представлен корреляционный анализ W с элементами ОЦА и КДК за период 1979-2015 гг.

Таблица 1. Корреляционный анализ *W* (г/см^2 – ERA-Interim) с элементами ОЦА и КДК за период 1979-2015 гг., где R_1, R_2, R_3, и R_4 – коэффициенты корреляции вычисленные с уровнем значимости *P* = 99% при критических значениях $r_{крит}$ = 0,45.

AERONET Stations (Станции AERONET)	**R_1** – QBO & W (при пол. знач. индекса ОЦА / отр. знач.)	**R_2** – AO & W (при пол. знач. индекса ОЦА / отр. знач.)	**R_3** – NAO & W (при пол. знач. индекса ОЦА / отр. знач.)	**R_4** – PNA & W (при пол. знач. индекса ОЦА / отр. знач.)	**R_5** – ENSO & W (при пол. знач. индекса ОЦА / отр. знач.)
Северо-восток Евразии					
Yakutsk (Якутск – 61N, 129E)	0,77/-0,78	-0,86/0,77	-0,63/-0,47	0,51/0,2	-0,45/0,71
Tomsk (Томск – 56N, 85E)	0,81/-0,82	-0,89/0,8	-0,66/-0,49	0,51/0,16	-0,43/0,71
Irkutsk (Иркутск – 51N, 103E)	0,79/-0,8	-0,87/0,79	-0,64/-0,47	0,51/0,19	-0,45/0,71
Dalanzadgad (Даланзадгад – 43N, 104E)	0,78/-0,79	-0,88/0,79	-0,65/-0,46	0,54/0,18	-0,43/0,7
Северо-запад Евразии					
Hyytiala (Станция лесного хозяйства Университета Хельсинки – 61N, 24E)	0,83/-0,87	-0,92/0,81	-0,7/-0,5	0,54/0,1	-0,34/0,66
Zvenigorod (Звенигород – 55N, 36E)	0,85/-0,86	-0,92/0,83	-0,66/-0,49	0,53/0,11	-0,41/0,71
Kyiv (Киев – 50N, 30E)	0,86/-0,87	-0,93/0,83	-0,66/-0,49	0,52/0,09	-0,41/0,71
Galata_Platform (мыс Галата – 43N, 28E)	0,88/-0,92	-0,95/0,84	-0,7/-0,51	0,52/0,02	-0,33/0,68
Юго-восток Евразии					
Chiba_University (Университет Чиба – 35N, 140E)	0,83/-0,89	-0,93/0,84	-0,72/-0,48	0,55/0,02	-0,32/0,67
Hangzhou_City (Ханчжоу – 30N, 120E)	0,79/-0,82	-0,9/0,8	-0,68/-0,45	0,57/0,14	-0,39/0,69
Taipei_CWB (Тайбэй – 25N, 121E)	0,89/-0,91	-0,94/0,9	-0,64/-0,42	0,49/-0,06	-0,49/0,81
Ubon_Ratchathani (Убонратчатхани – 15N, 104E)	0,88/-0,91	-0,94/0,89	-0,66/-0,42	0,46/-0,12	-0,52/0,84
Юго-запад Евразии					
AgiaMarina_Xyliatou	0,91/-0,95	-0,95/0,81	-0,77/-0,53	0,54/-0,1	-0,11/0,52

(Агия Марина Ксиляту – 35N, 33E)					
Shizafon (Шизафон – 30N, 35E)	0,84/-0,92	-0,89/0,76	-0,79/-0,48	0,55/-0,23	-0,02/0,44
Umm_Al_Quwain (Умм-эль-Кайва́йн – 25N, 55E)	0,66/-0,72	-0,8/0,67	-0,66/-0,4	0,62/0,09	-0,17/0,5
Dharwar (Дхарвад – 15N, 74E)	0,91/-0,94	-0,96/0,9	-0,7/-0,48	0,47/-0,07	-0,41/0,75

Из таблицы 1 видно, что практически или полностью отсутствует влияние САК и СТК (значения *R* близки или менее $r_{крит}$) на *W*. Наблюдается хорошая корреляционная связь в фазу Эль-Ниньо (отр. значения ENSO). При этом происходит: ослабление западных зональных и юго-западных потоков; увеличивается повторяемость вторжения холодного воздуха с севера; в зимние месяцы усиливается полярный антициклон, который пополняет и усиливает Азиатский антициклон. Высокая корреляция *W* прослеживается и с индексом АК при его отрицательных значениях, которая свидетельствует о повышенном давлении над Арктикой, что приводит к образованию больших по амплитуде атмосферных волн и к выносу охлажденного воздуха в умеренные широты. В данном случае движение воздуха приобретает меридиональную составляющую, а западный перенос ослабляется или вовсе блокируется. Полученные результаты согласуются с *III* и *IV* периодами последней циркуляционной эпохи, которая началась с 1957 г. [2, 3]. Например в работе [2] рассмотрена динамика Азиатского антициклона, в которой показано, что *III* периоду 1981-1998 гг. соответствовал быстрый рост продолжительности меридиональных южных процессов, а *IV* периоду 1999-2010 гг. – уменьшение продолжительности меридиональных южных процессов и рост меридиональных северных. Таким образом, в целом результат корреляционного анализа (таблица 1) указывает на преобладание меридиональной циркуляции атмосферы над Евразийским материком в конце XX – начале XI века.

Литература

1. *Васильев М.С., Николашкин С.В.* Связь широтной динамики влагосодержания атмосферы с квазидвухлетними колебаниями зонального ветра в экваториальной стратосфере и солнечной активностью над северо-востоком Евразии за период 1979-2015 гг. // Оптика атмосферы и океана. 2017. Т. 30. № 5. С. 409-413.
2. *Латышева И.В., Лощенко К.А., Шахаева Е.В.* Исследование динамики Азиатского антициклона и холодных циркуляционных периодов на территории Иркутской области // Изв. ИГУ. Серия «Науки о Земле». 2011. Т. 4. № 2. С. 161-171.
3. *Кононова Н.К.* Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому // М.: Российская академия наук. Институт географии РАН. 2009. 371 с.