

Малинин В.Н., Гордеева С.М., Наумов Л.М.

**К оценке трендов в компонентах
влагообмена системы океан-атмосфера
по спутниковым данным**

Российский государственный
гидрометеорологический университет, Санкт-
Петербург



15 Всероссийская открытая конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
13 - 17 ноября 2017 г. Москва



Введение

Основой для выполнения расчетов служит уравнение водного баланса атмосферы

$$\partial W/\partial t + \operatorname{div}F = E - P,$$

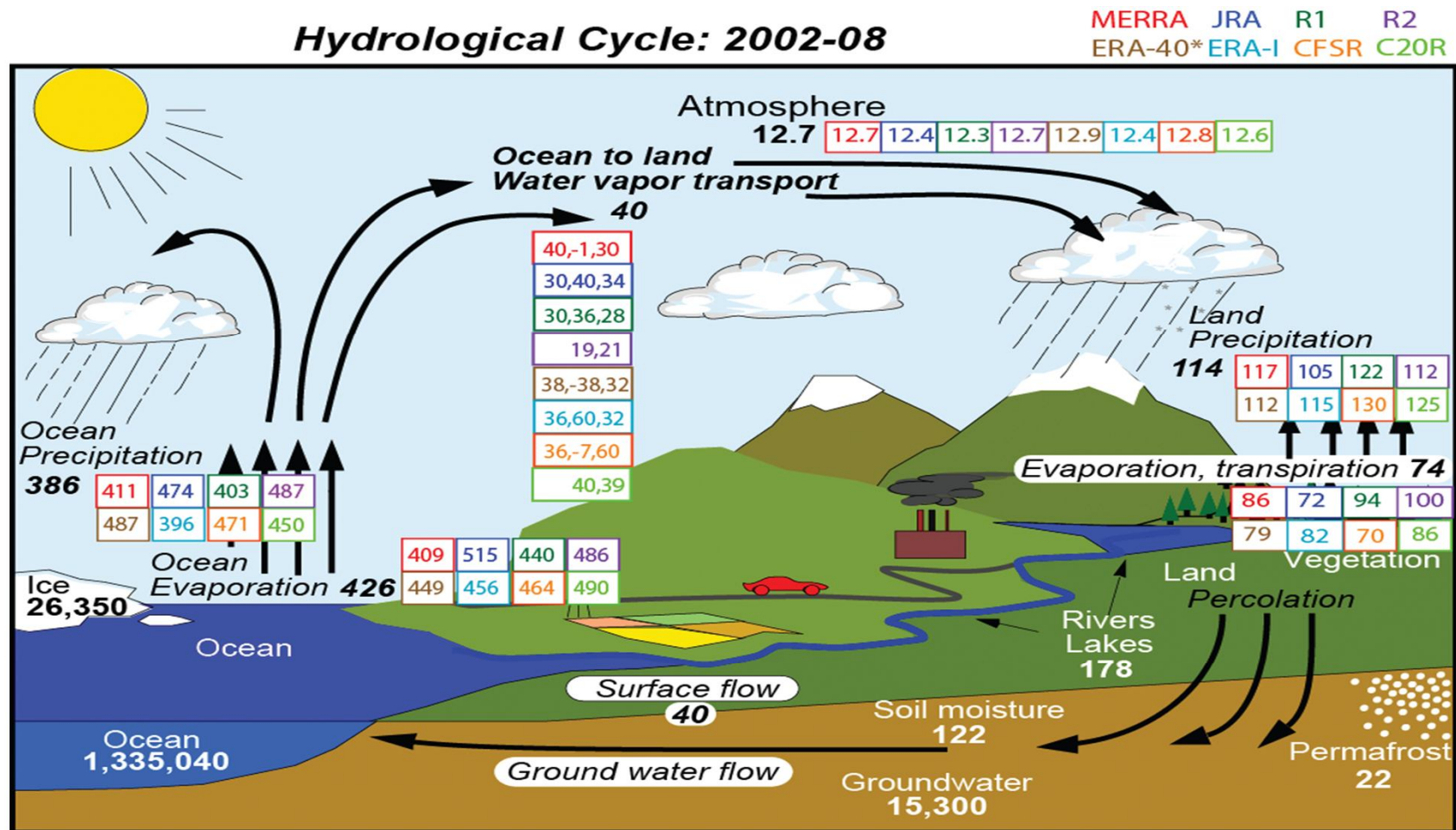
где $\operatorname{div}F$ - разность между выносом атмосферной влаги за пределы рассматриваемой акватории (территории) и вносом влаги в ее внутрь. Для Мирового океана в целом **вынос водяного пара преобладает над его вносом**, причем за длительный период времени величина $\operatorname{div}F$ соответствует полному притоку пресных (речных, подземных и ледниковых) вод к Мировому океану.

Испарение и особенно осадки над океаном, несмотря на разработку в последние десятилетия значительного числа архивов ре-анализа, относятся к числу наиболее трудно определяемых компонентов гидрологического цикла.

Значительно лучше обстоит дело с точностью оценок **влажносодержания атмосферы (ВА)**, которое непосредственно измеряется по спутниковой информации со средней погрешностью $\sigma = 1,0$ мм, что не превышает нескольких процентов от величин ВА



Оценки компонентов глобального водного баланса по данным 8 видов реанализа за 2002-2008 гг. (в см/год) (Trenberth at al., 2011)



Units: Thousand cubic km for storage, and *thousand cubic km/yr* for exchanges

*1990s



15 Всероссийская открытая конференция
 «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
 13 - 17 ноября 2017 г. Москва



Оценки компонентов вертикального влагообмена между океаном и атмосферой по данным 8 видов реанализа за 2002-2008 гг. в $\times 10^3$ км³/год (Trenberth at al., 2011)

Архив реанализа	Испарение, $\times 10^3$ км ³ /год	Осадки, $\times 10^3$ км ³ /год	Эффективное испарение, $\times 10^3$ км ³ /год
MERRA	409	411	-2
JRA-25	515	474	41
R1	440	403	37
R2	486	487	-1
ERA-40	449	487	-38
ERA-1	456	396	60
CFSR	464	471	-7
C20R	490	450	40



15 Всероссийская открытая конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
13 - 17 ноября 2017 г. Москва



Исходные данные

1. Архив спутниковой информации **PMWC** (Passive Microwave Water Cycle Dataset) V.01b, рассчитанный в рамках программы NASA Energy and Water Cycle Study (NEW) компании Remote Sensing Systems (**REMSS**). Документация в работе Hilburn, 2009.
2. Архив **HOAPS** (Hamburg Ocean-Atmosphere Parameters and Fluxes from Satellite Data). Основа - метеорологические параметры, полученные SSM/I-техникой и данные по температуре поверхности океана, определенные радиометром AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). Архив HOAPS обеспечивает почти глобальный охват Мирового океана в пределах $\pm 80^\circ$ широты.
3. архив **NCEP-DOE** Atmospheric Model Intercomparison Project (AMIP-II) reanalysis (**Reanalysis-2**). Данный архив имеет постоянную поддержку и относится к числу наиболее надежных. Из этого архива выбирались среднемесячные значения характеристик в узлах $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ географической сетки для открытой водной поверхности океана.



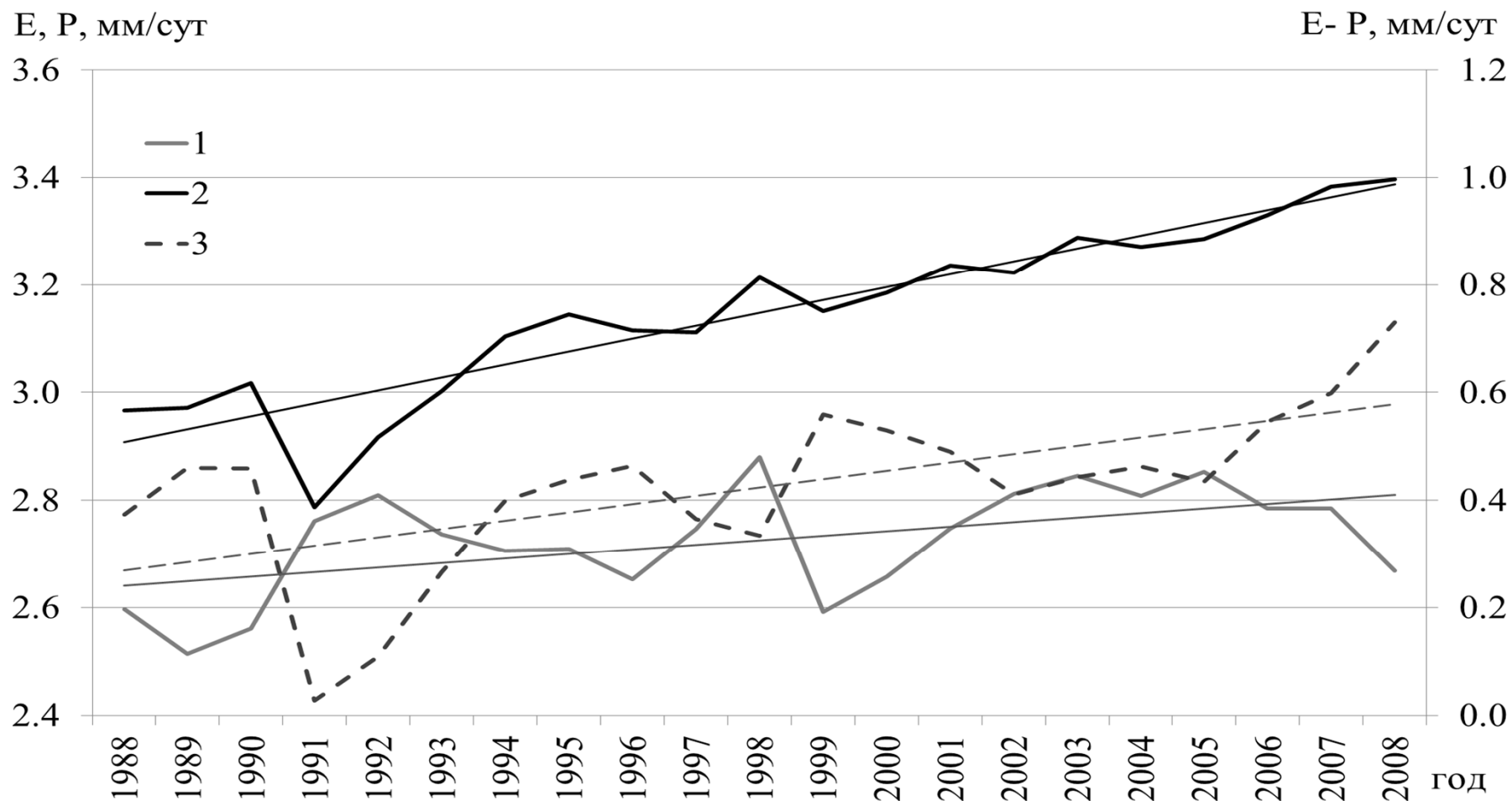
Оценки компонентов влагообмена океана с атмосферой за многолетний период времени

Данные	Испарение, см/год	Осадки, см/год	Разность, см/год
Архив HOAPS (1988-2008 гг.)	131	103	28
Архив Reanalysis-2 (1988-2016 гг.)	137	128	9
Эталонные (климатологические) оценки	133	121	12



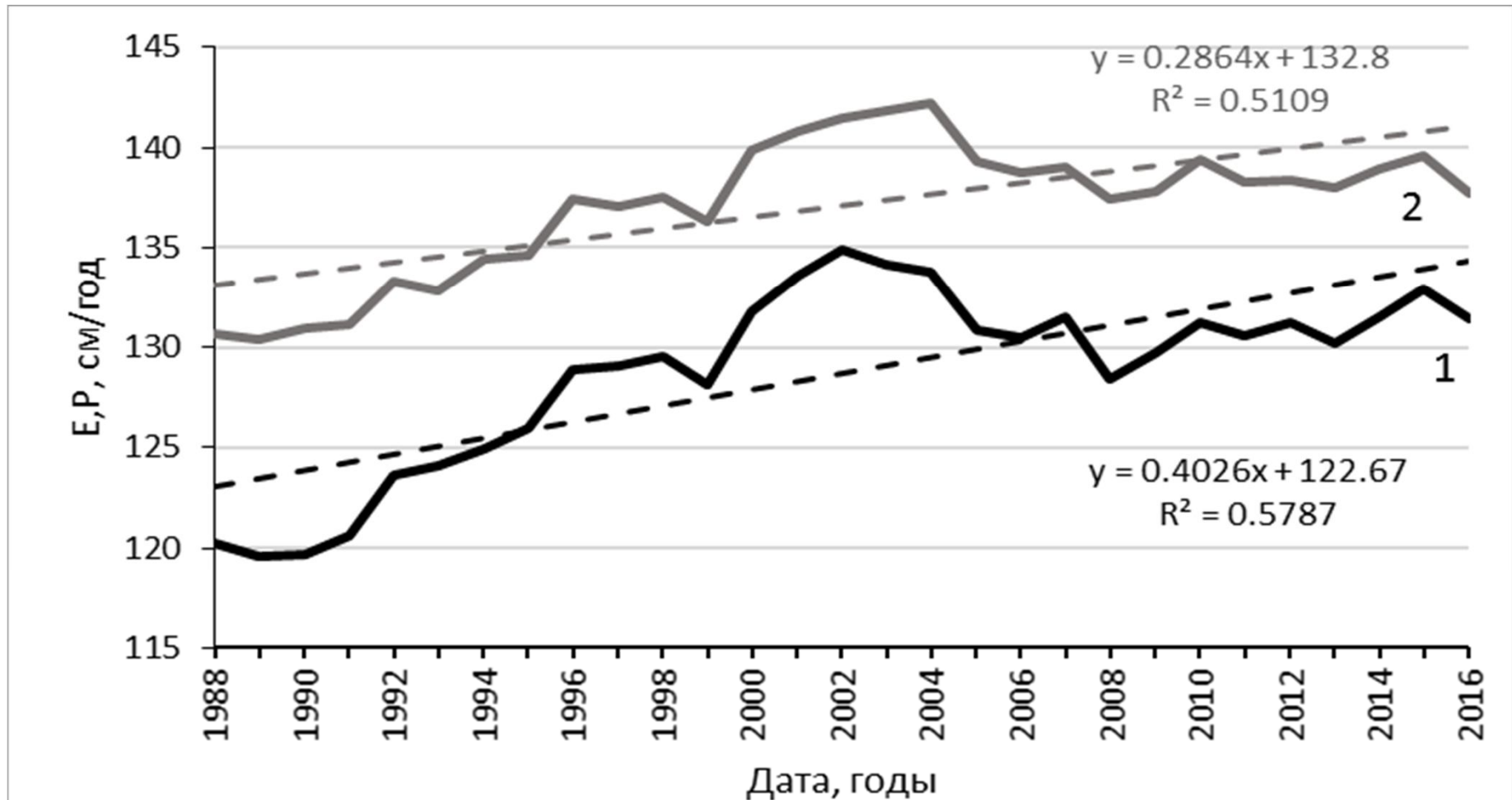
Временной ход годовых значений испарения, осадков и их разности по данным HOAPS-3 для МО в целом

1 – осадки, 2 - испарение, 3 – эффективное испарение



Временной ход годовых значений испарения и осадков по данным Reanalysis-2 для МО в целом

1 – осадки, 2 - испарение,



Оценки трендов компонентов влагообмена океана с атмосферой за многолетний период времени

Данные	Испарение, мм/год	Осадки, мм/год	Е-Р, мм/год
Архив HOAPS (1988-2008 гг.)	8.75	3.13	5.62
Архив Reanalysis-2 (1988-2016 гг.)	2.86	4.02	-1.16
Расхождения	5.9	-0.9	6.8



Оценка трендов в межгодовых колебаниях компонентов влагообмена за 1988-2008 гг. (архив HOAPS)

Согласно архиву должен происходить большой рост испарения – ($Tr=8.75$ мм/год), вследствие чего быстрыми должно возрастет эффективное испарение ($Tr = 5.62$ мм/год). Это означает, что должен происходить резкий рост в рассматриваемый период времени переноса водяного пара на континенты, который каждый год должен возрастет на 2.03×10^3 м³/год, что составляет около 5% от годового притока пресных вод с суши.

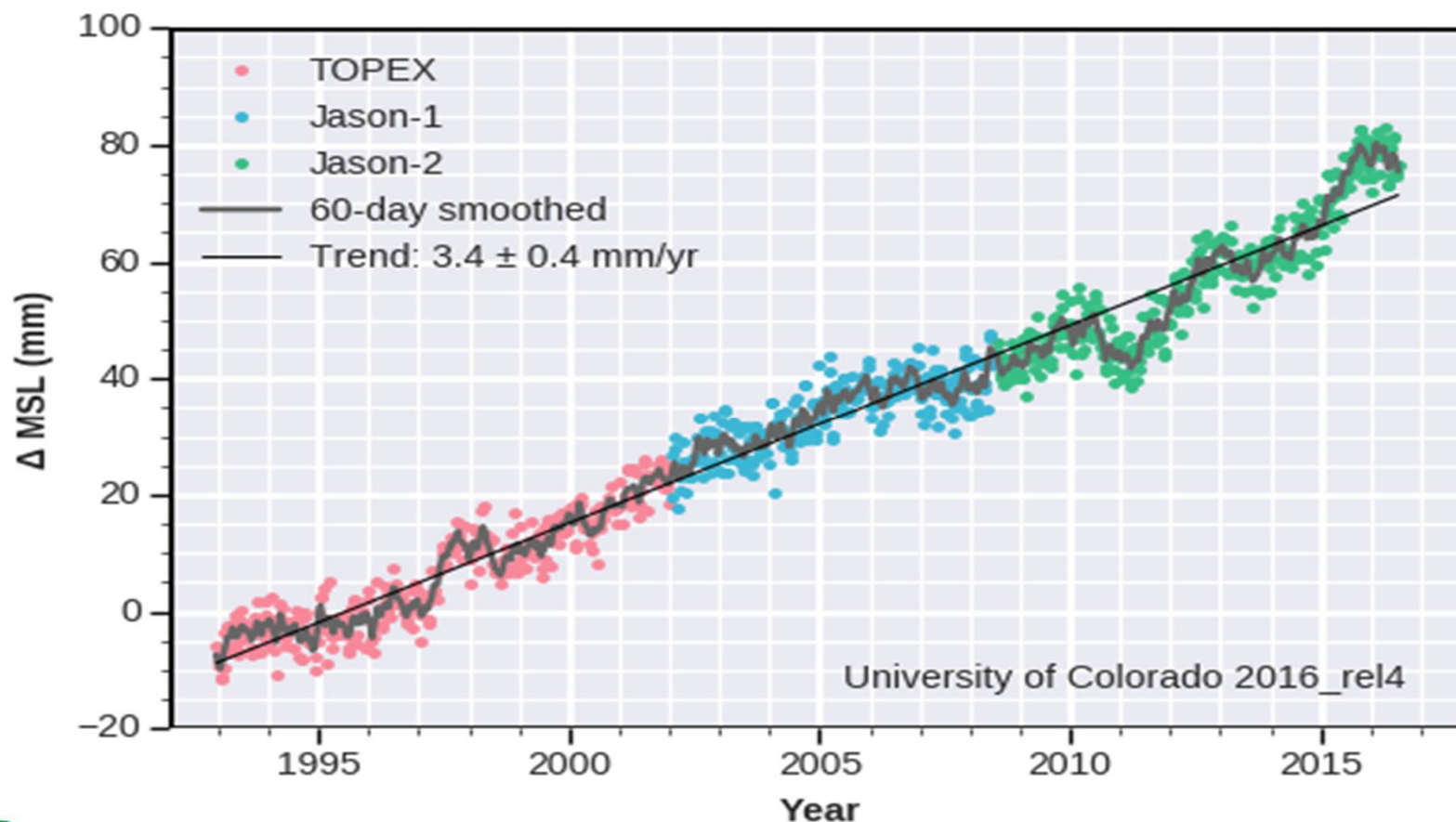
Естественно, это должно приводить к значительному росту осадков и соответственно усилению притока материковых вод к океану. Однако **фактические данные этого не подтверждают.**

Одновременно с этим уровень Мирового океана (УМО) должен **понижаться** со скоростью **5.6** мм/год. Однако фактический **рост** уровня по альтиметрическим данным составляет **3.4** мм/год. **Архив HOAPS неудовлетворительно описывает влагообмен в системе океан-атмосфера**



Межгодовой ход уровня Мирового океана по альтиметрическим данным

Согласно архиву R2 вклад Е-Р в рост УМО составляет **34 %** и сопоставим с вкладом стерических колебаний уровня

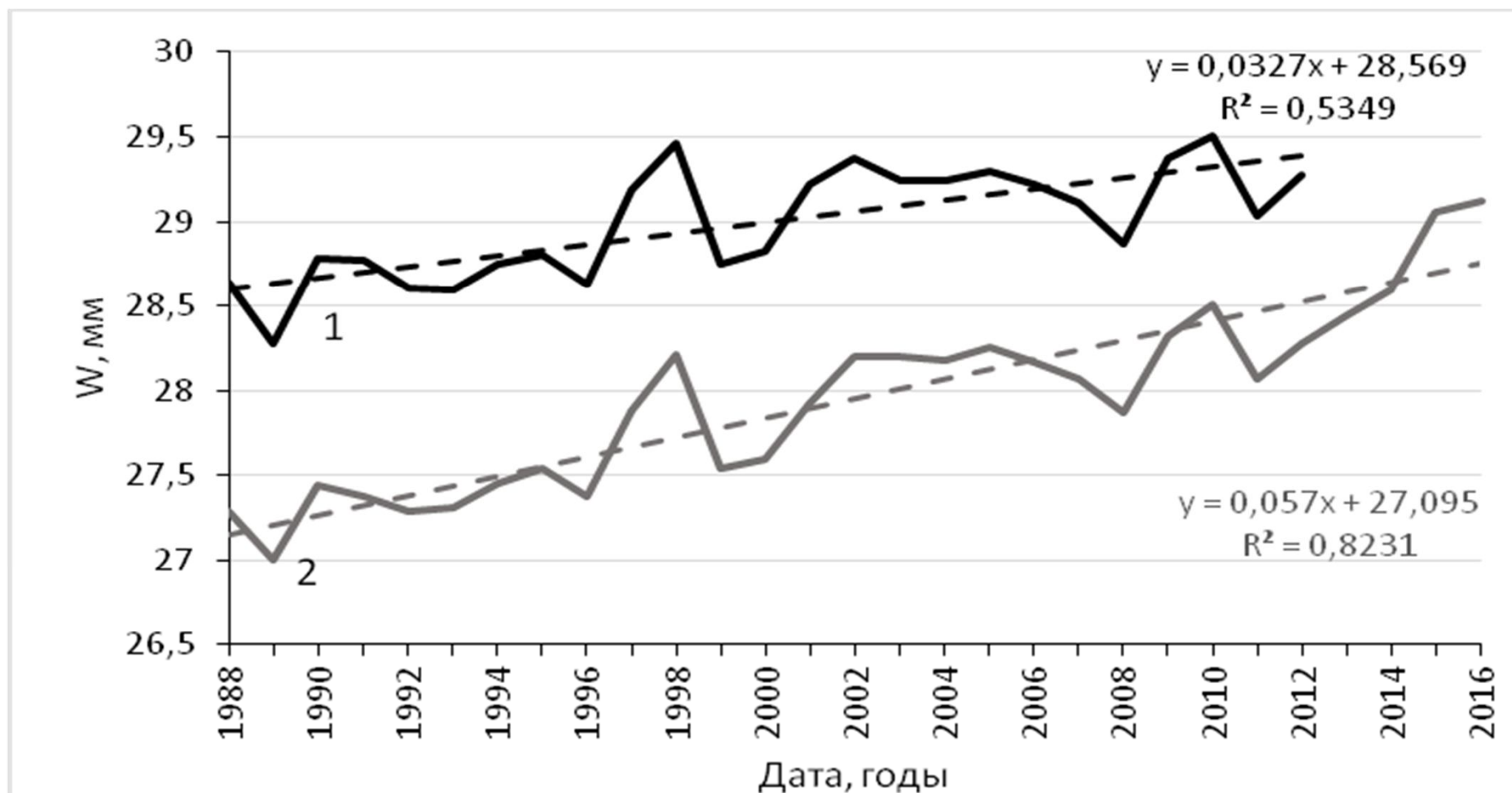


15 Всероссийская открытая конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
13 - 17 ноября 2017 г. Москва



Межгодовой ход влагосодержания атмосферы над Мировым океаном

1 – по данным авторов, 2015 г., 2 – настоящая работа.



Влагосодержание атмосферы и парниковый эффект

Парниковый эффект можно представить суммой природной и антропогенной компонент, т.е. $ПЭ = ПЭ_{прир} + ПЭ_{антр}$. Естественный ПЭ вызван рядом природных факторов: процессами крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы и извержениями вулканов, вследствие чего в атмосферу выбрасывается значительное количество CO_2 и других парниковых газов. До настоящего времени **корректное разделение ПЭ на естественную и антропогенную компоненту не представляется возможным.**

По мнению экспертов МГЭИК, антропогенный ПЭ доминирует. Главный аргумент – экспоненциальный рост выбросов в атмосферу углекислого газа, который создает ПЭ. Но **главным парниковым газом является атмосферный водяной пар, вклад которого в ПЭ составляет примерно 50 %, еще 25 % приходится на облачность, только 20 % на углекислый газ и 5 % на остальные парниковые газы**



Влагосодержание атмосферы и МГЭИК

С подачи экспертов МГЭИК происходит игнорирование роли влагосодержания (ВА) в современных изменениях климата и считается, что ВА является только их откликом. Причина, по которой водяной пар не учитывается как климатический фактор, состоит в том, что *«прямые выбросы водяного пара от антропогенной деятельности создают пренебрежимо малый вклад в радиационный форсинг»*

Именно **антропогенная ангажированность** является лейтмотивом всей деятельности экспертов МГЭИК. По их мнению, только человеческая деятельность влияет на современные колебания климата и ничего более. В последнем Пятом отчете МГЭИК делается вывод: *«в высшей степени вероятно (extremely likely, 95–100%), что влияние человека является доминирующей причиной наблюдаемого потепления с середины XX столетия».*

Однако с этим трудно согласиться.



Влагосодержание атмосферы и водный баланс атмосферы

Изменения ВА в соответствии с уравнением глобального атмосферного баланса влаги определяются разностью глобальных величин испарения и осадков или в первом приближении разностью испарения и осадков над Мировым океаном. Поэтому именно **процессы взаимодействия океана с атмосферой, формирующие изменчивость составляющих вертикального влагообмена, являются главным фактором формирования межгодовых колебаний ВА, в том числе его тренда.**

Через ПЭ влагосодержание может оказывать воздействие на климатические процессы. Поскольку изменения ВА не вписываются в антропогенную деятельность, то эксперты МГЭИК вынуждены их игнорировать.

Как известно, **между ВА и температурой воздуха T_a отмечается высокая корреляция**



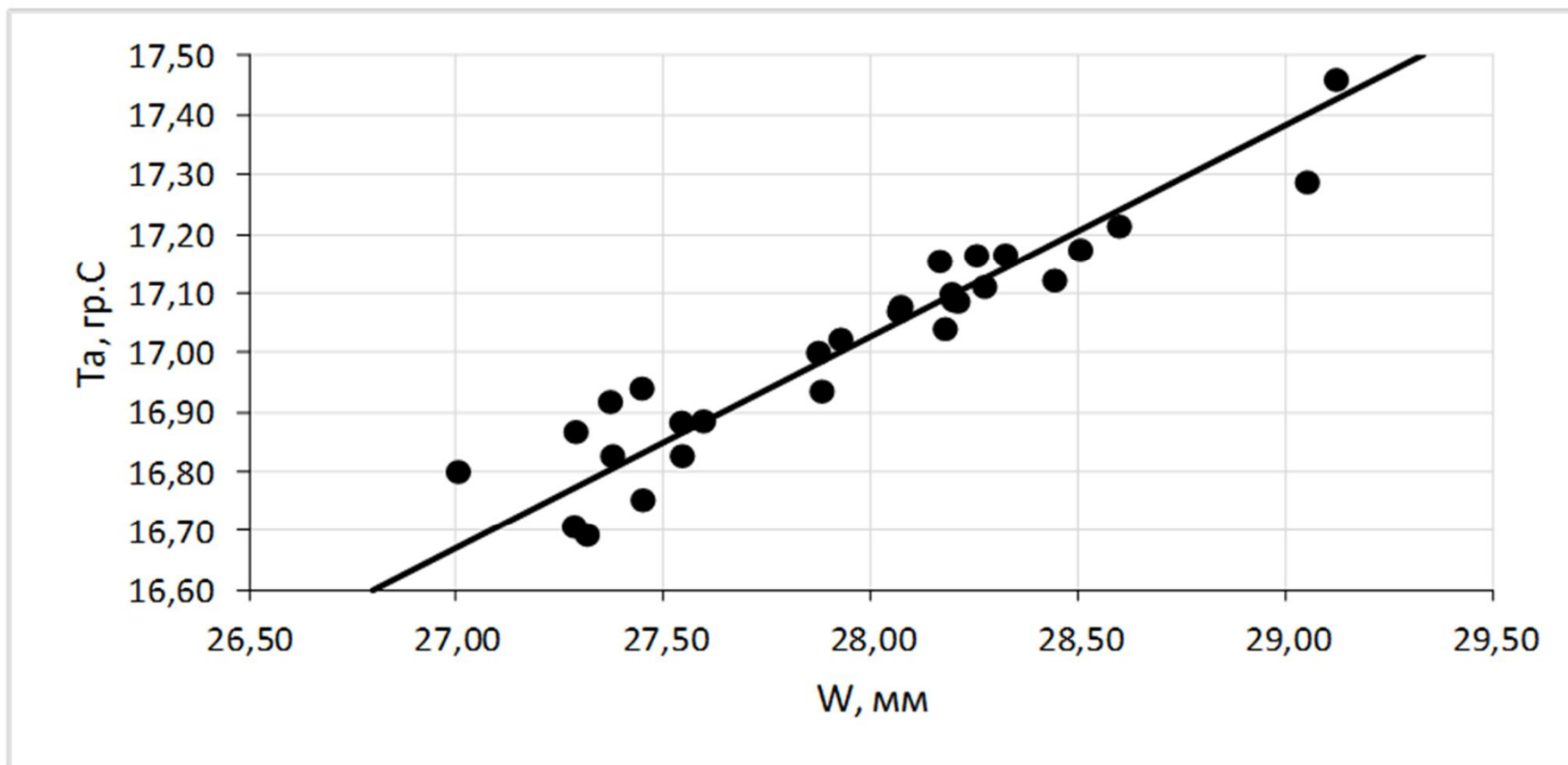
Статистическая связь между средними годовыми значениями влагосодержания атмосферы и температурой воздуха над Мировым океаном

$$BA = 2.813Ta - 19.9 \quad R^2 = 0.90 \quad \sigma_{ГТВ} = 0.17 \text{ мм}$$

Из данной формулы следует, что

при повышении Ta на 1 градус BA растет на 2.8 мм или на 10 %.

Исходные данные: BA – архив PMWC , Ta – архив Reanalysis-2.



Уравнение Клаузиуса-Клайперона

По мнению экспертов МГЭИК главным доводом, что именно влагосодержание полностью определяется температурой воздуха, является **уравнение Клаузиуса-Клайперона** (КК). В соответствии с данным уравнением повышение температуры воздуха на **1 °С** приводит к росту влажности примерно на **6 %**. Но уравнение КК является термодинамическим и не описывает реальную турбулентную атмосферу.

Исходя из формулы **$ВА=2.81Тa-19.9$** в реальной атмосфере при повышении Температуры на **1 °С** Влагосодержание атмосферы должно возрасть на **2.8** мм или на **10.1 %**, что **не соответствует уравнению КК**. Кроме того, надо принимать во внимание **обратную положительную связь между ВА и Та**. При этом сложно утверждать, что является причиной, а что следствием. С одной стороны, с повышением глобальной температуры воздуха происходит некоторый рост ВА, с другой – рост ВА через парниковый эффект ведет к росту температуры



Оценки коэффициентов детерминации и индекса тренда характеристик системы океан-атмосфера за период 1988-2012 гг.

Индекс тренда показывает сравнительную значимость трендов для характеристик, имеющих разную размерность. Он представляет собой отношение размаха тренда к его среднему значению и выражается в процентах, т.е. $I_{тр} = 100a_1n / X_{cp}$, где a_1 – угловой коэффициент тренда, n – длина временного ряда, X_{cp} – среднее значение тренда.

Характеристика	Уравнение тренда	коэффициент детерминации	Индекс тренда, %
ВА	$0.057 t + 27.095$	0.82	5.91
ТВ	$0.018 t + 16.74$	0.72	3.07
ТПО	$0.017 t + 17.19$	0.71	2.83
Е	$0.286 t + 132.8$	0.51	6.05
Р	$0.403 t + 122.7$	0.58	9.08
Е-Р	$-0.116 t + 10.12$	0.62	40.1

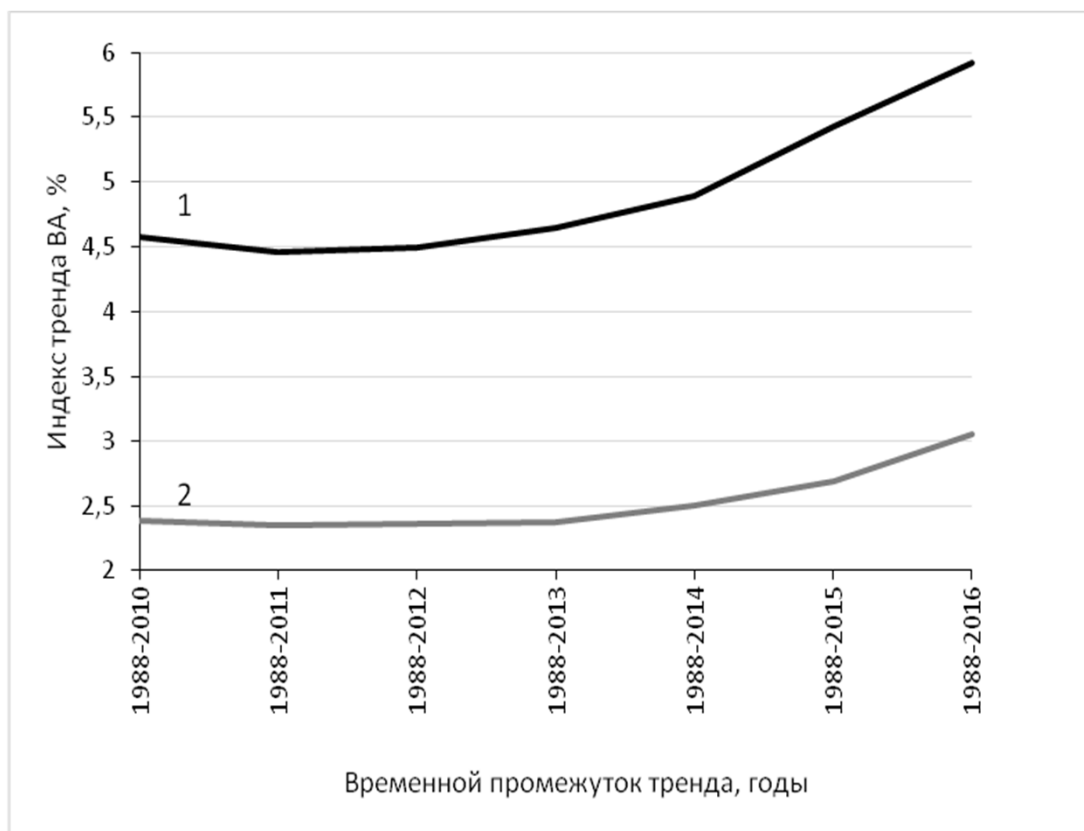


Динамика индексов трендов для влагосодержания атмосферы и температуры воздуха над Мировым океаном с 1988-2010 гг. по 1988-2016 гг.

До **2012** года расхождение между ВА и ТВ практически постоянно и равно **2.1 %**.

В последние 5 лет в результате ускорения роста ВА индекс тренда начинает повышаться более быстрыми темпами по сравнению с индексом тренда для ТВ, вследствие чего расхождение достигает **2.8 %**.

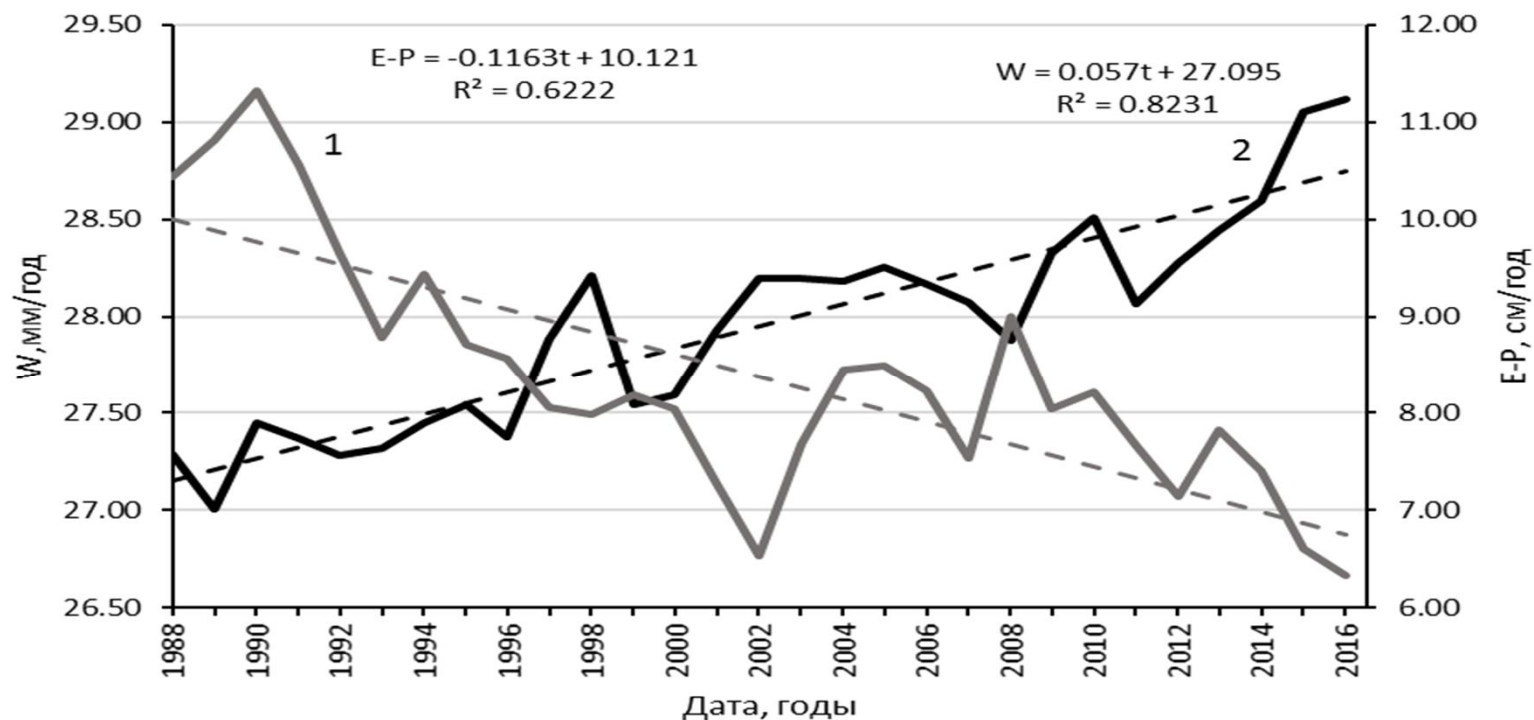
Повышение индекса тренда для ВА начинается с **2013** года, а для ТВ – с **2014** года, т.е. именно ускорение роста ВА стимулирует ускорение роста ТВ, а не наоборот.



Межгодовой ход эффективного испарения (1) и влагосодержания атмосферы (2) над Мировым океаном за 1988-2016 гг.

Эффективное испарение имеет сильный отрицательный тренд ($Tr = -0.75$ мм / 10 лет). Согласно тренду оно уменьшилось за рассматриваемый период на **3.3 см**. ВА за этот же период увеличилось на **1.6 мм**.

Долговременные изменения ВА могут быть **полностью обусловлены изменениями компонент влагообмена океана с атмосферой и не связаны с глобальной температурой воздуха.**



15 Всероссийская открытая конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
13 - 17 ноября 2017 г. Москва



Выводы:

Сравнительный анализ трендов в компонентах ВБА и ТВ полностью опровергает вывод экспертов МГЭИК о том, что **«увеличение концентрации водяного пара является ключевым следствием, но не причиной процесса глобального потепления и, следовательно, полностью обусловлено положительной обратной связью между ними».**

В действительности, ВА является не только ключевым следствием процесса глобального потепления, но и фактором, его формирующим.

Достаточно очевидно, что **формирование глобального потепления обусловлено не антропогенной деятельностью, а процессами крупномасштабного взаимодействия между океаном и атмосферой и регулируется системой положительных и отрицательных обратных связей, причем положительные связи преобладают.**



1720

1900

1950

1970

1980

1990

2006



Спасибо!

Теперь можно расслабиться.....

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ