

УДК 551.583.14

СЕЗОННЫЙ ХОД ТЕМПЕРАТУРЫ ОСАДКОВ НА КРЫМСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ

Дегтерев А.Х., Репетин Л.Н., Севриков В.В.

Проанализированы межгодовые изменения среднемесячных температур воды, воздуха и месячных осадков по данным сетевых наблюдений. Показано, что глобальное потепление сильнее проявляется летом, тогда как в холодное полугодие отмечается понижение температуры.

В последние годы возрастает актуальность изучения регионального отклика на глобальное потепление. Данные метеонаблюдений показывают, что на континентах Северного полушария изменение средней температуры приземного слоя воздуха в разных районах отличается не только по величине, но и по знаку[1]. Кроме того, отмечаются разные тренды потепления для зимы и лета, что соответствует закономерному изменению сезонного хода температуры. Более неоднозначные результаты дает анализ выпадения атмосферных осадков [2,3]. До недавнего времени изучение этих вопросов было затруднено слабостью сигнала глобального потепления. Фактически только с середины 80-х гг. происходящие изменения климата стали уверенно связывать с антропогенным парниковым эффектом. По среднегодовой температуре 90-е гг. были самыми теплыми за все время инструментальных измерений, а некоторые из них – даже самыми теплыми за последнее тысячелетие. Таким образом, наглядные тенденции изменения климата проявились фактически за

последние 20...30 лет. Представляет интерес изучение трендов для прибрежной зоны Крыма ввиду ее особого рекреационного значения и специфики локального климата.

Нами использовались данные наблюдений, имеющиеся в геоинформационной системе МО УкрНИГМИ в виде среднемесячных значений температуры воды и воздуха T , а также месячных сумм осадков R для 4 береговых гидрометеостанций: Ялта, Феодосия, Херсонесский маяк и Севастополь. При обработке данных основное внимание уделялось периоду с 1970 по 1999 г.г. Более длинные (с 1950 по 1999 гг.) и более короткие (с 1980 по 1999 гг.) ряды использовались для интерпретации полученных результатов. Сигнал глобального потепления для периода 1980-1999 гг. сильнее, хотя выявлено, что малый объем выборки нередко уменьшает статистическую значимость интервальных оценок трендов. В более длинных рядах этот сигнал ослаблен естественной долгопериодной изменчивостью климата [4].

Для каждого из 12 месяцев были сформированы динамические ряды значений T и R при объеме выборки в большинстве случаев 30 наблюдений. Наиболее полными были данные по температуре воды. По другим параметрам для некоторых пунктов данные за отдельные годы отсутствовали. Так не было данных о температуре воздуха за 1999 г. и об осадках после 1993 г. по Ялте, в ряду температур по Херсонесскому маяку отсутствовали данные за 1992-1996 гг.

На некоторых станциях – пропуски и по отдельным месяцам. В этих случаях объем выборки был меньше, что учитывалось при расчете доверительных интервалов и при интерпретации полученных результатов. Таким образом, рассматривалось 36 рядов данных наблюдений для каждой гидрометеостанции, то есть всего 144 ряда. Переменные T и R считались линейными функциями года N :

$$T = a + b \cdot N,$$

$$R = c + d \cdot N.$$

Для каждого из рядов по методу наименьших квадратов рассчитывались коэффициенты b и d , которые и характеризуют искомые тренды. Полученные доверительные интервалы при доверительной вероятности 90% представлены в таблицах 1 и 2, а на рисунке 1 показана зависимость точечных оценок трендов температуры воды от номера месяца.

Таблица 1 – Интервальные оценки линейных трендов среднемесячных температур воздуха, град/10 лет

Месяц	Севастополь	Херсонесский маяк	Ялта	Феодосия
1	0,18±0,66	0,21±0,66	0,21±0,59	0,81±0,94
2	-0,43±0,88	-0,19±0,88	-0,47±0,72	-0,25±1,10
3	-0,25±0,64	-0,32±0,62	-0,35±0,51	-0,22±0,83
4	-0,15±0,54	-0,08±0,46	-0,28±0,49	-0,39±0,60
5	0,05±0,34	0,11±0,36	0,05±0,39	-0,12±0,46
6	0,21±0,38	0,47±0,43	0,00±0,47	-0,01±0,51
7	0,44±0,47	0,75±0,54	0,33±0,51	0,13±0,52
8	0,52±0,40	0,71±0,45	0,48±0,50	0,41±0,48
9	0,01±0,48	-0,01±0,48	-0,21±0,58	-0,28±0,58
10	0,22±0,57	0,16±0,64	0,29±0,60	-0,14±0,88
11	-0,50±0,68	-0,11±0,61	-0,40±0,62	-0,59±0,87
12	-0,22±0,62	-0,05±0,62	-0,29±0,50	-0,52±0,70

Таблица 2 – Интервальные оценки линейных трендов месячных сумм осадков, мм/г.

Месяц	Севастополь	Херсонесский маяк	Ялта	Феодосия
1	-0,27±0,76	-0,24±0,75	-0,58±2,65	-0,11±0,78
2	0,37±0,79	0,49±0,65	1,01±1,73	0,11±0,71
3	0,33±0,67	0,51±0,72	0,54±1,68	0,62±0,88
4	0,57±0,70	0,75±0,69	1,07±0,94	0,56±0,86
5	0,20±0,77	0,49±0,70	-0,29±1,28	-0,22±0,89
6	0,56±1,33	-0,04±1,23	-0,29±1,51	1,16±0,71
7	-0,45±0,87	-0,44±0,82	-0,54±1,30	-0,14±1,08
8	0,33±0,90	0,26±0,87	-0,61±1,63	-0,87±1,60
9	0,99±1,45	0,88±1,28	0,29±1,41	1,09±2,13
10	0,82±0,94	0,33±0,87	-0,52±1,60	0,70±0,90
11	0,24±1,16	0,09±1,13	-0,03±2,08	0,63±0,95
12	0,54±0,87	0,13±0,94	-1,70±2,52	0,49±0,99

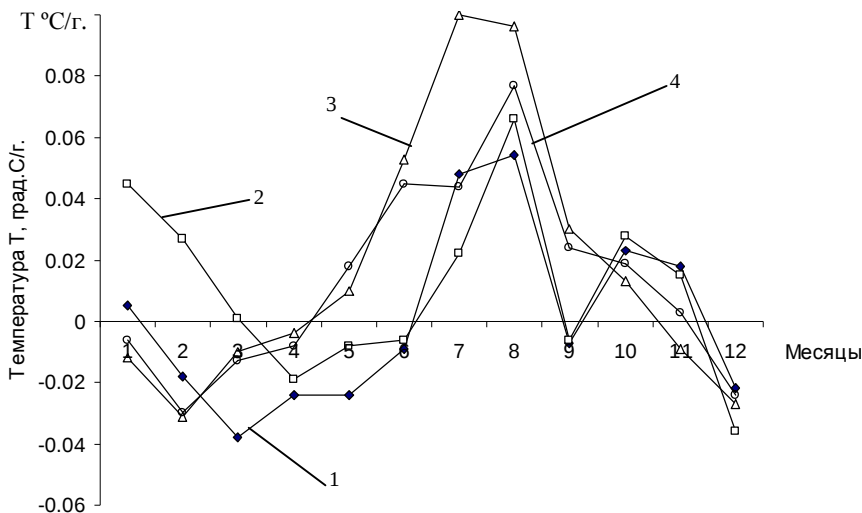


Рисунок 1 – Тренды межгодовой изменчивости среднемесячной температуры воды:
1 – Ялта, 2 – Феодосия, 3 – Херсонесский маяк, 4 – Севастополь

Из таблицы 1 и рисунка 1 видно, что тренды среднемесячных температур на разных метеостанциях Крыма весьма близки. На всех станциях тренд потепления ($b > 0$) отмечается в январе, июле и в августе, тогда как тренд похолодания характерен для февраля, марта, апреля, ноября и декабря. В результате тренд изменения среднегодовой температуры оказывается на порядок меньше сезонных трендов, достигающих 0,8 градуса за 10 лет. При этом происходит увеличение годовой амплитуды температуры на 1 градус за 10 лет, что соответствует росту континентальности климата. Статистически значимыми при уровне доверия 90% являются лишь тренды потепления в августе на метеостанциях Севастополь и Херсонесский маяк, а также тренды июня и июля на Херсонесском маяке. Однако, при уровне доверия 80% значимыми становятся и августовские тренды в Ялте и Феодосии. Кроме того, при этом статистически значимо повышение температуры января в Феодосии. Заметим, что повышение зимних температур, по-видимому, вследствие парникового эффекта характерно для внутриконтинентальных районов, в прибрежной же области значительным оказывается и повышение летних температур. На наш взгляд это объясняется усилением стратификации нижних слоев воздуха над морем летом, что препятствует "размыванию" парникового эффекта по всей приводной толще воздуха. Расчет для периода 1980-1999 гг. показал, что потепление значимо в Севастополе и на Херсонесском маяке во все летние месяцы даже при уровне доверия 95%, в

Ялте оно значимо летом при уровнях доверия 80-90%, а в Феодосии значимым оказался только тренд похолодания в декабре. Эти изменения связаны со значительным усилением самих трендов: в июле тренд потепления за этот период достигал на Херсонесском маяке 1,75 градуса, а тренд похолодания Феодосии -1,63 градуса за 10 лет. Интересно, что для периода 1950-1970 г.г. в Севастополе и Феодосии в августе отмечались значимые тренды похолодания на уровне -0,9 градуса за 10 лет. Поэтому для периода 1951-1999 гг. тренды оказались на порядок меньше, чем приведенные в таблице 1. Естественно, что тренды, рассчитанные для всего периода наблюдений, оказываются еще слабее [3].

Анализ данных по температуре воды показал, что максимальные тренды также приходятся на летние месяцы. Для июля и августа тренды, как правило, значимы при уровне доверия 90%. На Херсонесском маяке они достигают 1 градуса за 10 лет, на других станциях от 0,2 до 0,7 градуса за 10 лет. Таким образом, тренды изменения температуры воды близки к трендам температуры воздуха (рисунок 1). Это вполне естественно, так как температура воды измерялась либо в мелководной бухте, либо вблизи берега. Тренды, рассчитанные для периода 1980...1999 гг., также оказались сильнее: в июле-августе они составляют от 1 до 1,5 градуса за 10 лет. Это, в частности, означает, что за последние 20 лет температура воды на пляжах Крыма в курортный сезон повысилась в среднем на 2...3 градуса. В открытом море эта тенденция также имеет место, хотя там тренды слабее и проявляется запаздывание пика потепления на 1 месяц.

Анализ изменения месячных сумм осадков дает по разным станциям весьма отличающиеся результаты. По всем станциям кроме Ялты можно отметить увеличение годовой суммы осадков, чему соответствует положительный знак суммы месячных значений d (таблица 2). Аномальность тренда в Ялте, по всей видимости, связана с неполнотой ряда, так как глобальное потепление наиболее сильно проявилось именно после 1994 г. Повсеместно наблюдается усиление осадков в весенний и осенний периоды при их уменьшении в июле. Статистически значимо усиление осадков в апреле (кроме Феодосии) при уровне доверия 80- 90%, хотя наибольшие по абсолютной величине тренды приходятся на другие месяцы (июнь – в Феодосии, сентябрь – в Севастополе и на Херсонесском маяке, декабрь – в Ялте). Максимальное значение тренда увеличения осадков составляет 1,16 мм/г. (Феодосия, июнь), наибольшее уменьшение месячной суммы достигает 1,70 мм/г. (Ялта, декабрь). Для периода 1980...1999 гг. тренды меняются в сторону увеличения значений d осенью (до 1,78 мм/г. в сентябре) и уменьшения в январе и июле (-1,55 мм/г.). Заметное увеличение абсолютных значений трендов (до 4 мм/г.) наблюдается лишь для Ялты. Несмотря на статистическую значимость, их следует признать непредставительными в связи с отсутствием в ряде

данных последних лет. Заметим, что январь и июль выделяются наибольшим увеличением среднемесячной температуры (таблица 1). Таким образом, уменьшение осадков в июле можно связать с уменьшением циклонической активности, тогда как уменьшение осадков зимой скорее связано с усилением стратификации воздуха.

Если уменьшение осадков в июле благоприятно для развития курортного дела в Крыму, то изменение температурного режима и осадков в течение вегетационного периода может уже в ближайшие годы неоднозначно отразиться на сельском хозяйстве прибрежных районов Крыма. Наибольшую опасность представляет рост годовой амплитуды температуры и усиление летней засухи.

Библиографический список

1. Володин Е.М. Об интерпретации зимнего потепления на континентах Северного полушария в 1977-1994 гг. / Е.М. Володин, В.Я. Галин // Метеорология и гидрология. — 1999. — № 1. — С. 20–29.

2. Волощук В.М. Влияние глобального потепления на среднюю интенсивность атмосферных осадков на Украине / В.М. Волощук, С.Г. Бойченко // Доповіді НАН України. — 1998. — № 6. — С. 125–130.

3. Волощук В.М. Реакція сезонного ходу приземної температури України на глобальне потепління клімату / В.М. Волощук, С.Г. Бойченко // Доповіді НАН України. — 1997. — № 9. — С. 113–118.

4. Монин А.С. Циркуляционные механизмы колебания климата атмосферы / А.С. Монин, Ю.А. Шишков // Известия АН. Физика атмосферы и океана. — 2000. — Т. 36. — № 1. — С. 27–34.

Поступила в редакцию 15.05.2001 г.