

20.18
М34



РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЮЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И
ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ ИМ. ВОРОВИЧА И.И.

ЭКОЛОГИЯ

ЭКОНОМИКА

ИНФОРМАТИКА

XXXVIII конференция
“Математическое моделирование в
проблемах рационального
природопользования”

20.18
МЗ4

РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЮЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И
ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ ИМ. И.И. ВОРОВИЧА

3742

ЭКОЛОГИЯ ЭКОНОМИКА ИНФОРМАТИКА

XXXVIII конференция
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
В ПРОБЛЕМАХ РАЦИОНАЛЬНОГО
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»

(6 - 11 сентября 2010 г.)
Учреждение Российской академии
наук Сочинский научно-
исследовательский центр РАН
ОГРН 1022302940460
город-курорт Сочи ИНН 2320040953

Материалы конференции

Ростов-на-Дону
2010

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ В КОНЦЕ XX-го - НАЧАЛЕ XXI-го ВЕКА

Рыбак Е.А.,

Сочинский научно-исследовательский центр РАН, г. Сочи,

elena.rybak@gmail.com

Идентификация и интерпретация текущих изменений климатических характеристик в относительно небольшом регионе, а тем более прогноз таких изменений (хотя бы и качественный) требует значительных усилий и, что более важно, наличия как можно большего количества данных наблюдений, которые позволили бы отделить влияние местных факторов, определяющих режим климатической изменчивости от факторов глобальных, а также отделить естественную составляющую изменчивости от долговременных тенденций, обусловленных общей направленностью изменения климата планеты.

Анализ инструментальных метеонаблюдений и разнообразных косвенных данных свидетельствуют об изменениях глобального климата, масштаб которых лежит в пределах десятков-сотен лет. Преобладающая среди исследователей точка зрения состоит в том, что рост глобальной приземной температуры воздуха приблизительно на 0,6°C за последние 150 лет обусловлен ростом мировой экономики, который сопровождался увеличивающимися объемами выбросов в атмосферу парниковых газов, прежде всего углекислоты. Хотя вывод об антропогенном характере роста глобальной температуры является в некоторой степени спекулятивным, сам факт постепенного потепления воздуха у поверхности планеты отрицать нельзя. Однако, общая тенденция климата к потеплению, во-первых, непостоянна, то есть периоды роста температуры могут чередоваться с периодами стабилизации и даже снижения, а, во-вторых, проявления вариаций климата меняются от региона к региону, и проявляются лишь при глобальном или полушарном осреднении. Тем не менее, с фактами климатических изменений необходимо считаться, прежде всего, для разработки стратегических сценариев социально-экономического развития того или иного региона в условиях меняющейся окружающей среды.

В настоящем исследовании были использованы ряды среднемесячных значений приземной температуры воздуха и годового количества осадков на станциях, расположенных на побережье Черного моря. Исключение составляют ст. Армавир к северу от Главного Кавказского хребта, Эдирне в европейской части Турции, Николаев в устье Южного Буга и Самтредиа в нескольких десятках км

от побережья на р. Риони. Все данные находятся в свободном доступе в базе данных Global historical climatological network (GHCN), для доступа к которой использовалась поисковая система Королевского метеорологического института (Нидерланды), также находящаяся в свободном доступе (<http://kodac.knmi.nl/kodac/>). База данных и контроль качества данных при ее формировании описаны в [1, 2]. Количество доступных рядов в базе данных намного превышает использованное в настоящей работе, однако на нынешнем этапе отбирались ряды или их сегменты длительностью не менее 50 лет и имеющие минимальное число пропусков наблюдений.

С помощью аппарата корреляционно-спектрального анализа были проанализированы ряды приземной температуры воздуха и количества осадков на вышеперечисленных метеорологических станциях, расположенных на побережье Черного моря или в его окрестностях. Результаты анализа были оценены с точки зрения глобальных тенденций в изменении климата.

Основные результаты анализа всех рядов приведены в таблице 1. Станции (кроме ст. Армавир) показаны в порядке, соответствующем движению вдоль побережья Черного моря против часовой стрелки, начиная от Сочи. Среднегодовое количество осадков (второй столбец) вырастает семикратно по мере движения с запада на восток. Аналогичным образом, с запада на восток растет среднегодовая температура воздуха. Повышение температуры отмечено на ст. Ялта, Одесса, Сулина и Эдирне, понижение только на ст. Самсун. Рост на ст. Сулина на 3.9 °С представляется чрезмерным, не исключено, что он не связан с естественными причинами. За исключением двух станций с.к.о. температуры лежит в пределах 0.6-1.1 °С. Высокие значения с.к.о. температуры на ст. Армавир и ст. Николаев также вряд ли обусловлены естественными причинами. С.к.о. количества осадков в целом зависит от их среднегодового значения, однако их коэффициент вариации в целом выше в западной части региона, где климат более континентальный.

Следует обратить внимание на то, что значения как температуры, так и осадков в смежные годы очень слабо коррелированы между собой. Об этом свидетельствуют данные в последнем столбце таблицы 1.

Таблица 2 - Результаты анализа рядов данных

Название станции	Среднее	С.к.о. ¹	Интегр. тренд ²	М _{опт} ³	K ₁ ⁴
Температура воздуха					
Армавир	10.2	2.0	-	0	-0.06
Сочи	14.1	0.8	-	3	0.14
Туапсе	13.6	1.0	-	0	0.07
Феодосия	12.1	1.2	-	0	-0.01
Ялта	12.2	1.0	1.0	0	0.13
Николаев	8.9	2.5	-	0	-0.02
Одесса	9.4	0.8	2.3	0	0.09
Сулина	8.9	1.1	3.9	0	0.08
Эдирне	13.1	0.6	1.4	0	-0.10
Самсун	14.4	0.6	-1.0	0	-0.24
Самтредиа	15.4	1.1	-	0	-0.08
Осадки					
Сочи	1579	321	-	4	0.10
Анапа	482	109	149	0	0.05
Ялта	604	168	-	2	0.08
Одесса	420	108	134	0	-0.37
Сулина	334	88	-218	0	0.01
Констанца	385	107	-	-	-0.03
Эдирне	594	144	-	0	0.05
Самсун	710	125	-	0	0.12
Ризе	2310	354	-448	10	-0.04
Самтредиа	1433	258	-	6	-0.16
Сухуми	1495	252	-	0	-0.03

Примечания: (1) среднеквадратическое отклонение; (2) линейный тренд для всего интервала наблюдений; (3) оптимальный порядок авторегрессии; (4) автокорреляции смежных лет

Хотя механизмы, управляющие вариациями климата до сих пор недостаточно изучены, а выводы относительно глобального потепления, сделанные на основе численных экспериментов с математическими моделями, могут быть подвергнуты критике, рост концентрации двуокиси углерода в атмосфере бесспорен. Сегодня она превышает максимальный уровень, зафиксированный в антарктических ледовых ядрах, во всяком случае, в течение последних 420 тыс. лет [3]. Следствием его, помимо увеличения притока инфракрасного тепла будет, по-видимому, интенсификация биологических циклов, и, как ни парадоксально, увеличение урожайности.

Как уже было отмечено, на долговременные тенденции изменений климата накладывается естественная изменчивость,

обусловленная самой природой климатической системы. На региональном уровне достаточно сложным представляется отделить длительные тренды от междугодичной или декадной изменчивости не в последнюю очередь из-за ограниченности рядов инструментальных наблюдений. Вполне вероятно, что оценки изменений на ближайших 10-20 лет имеет смысл делать, исходя из анализа естественной изменчивости температуры, атмосферной циркуляции и осадков, нежели из проекции глобальных трендов на ограниченный регион.

Режим тепла и осадков над Европой и значительной частью европейской России определяются фазой Североатлантического колебания (САК). Положительная фаза САК обуславливает усиление западного переноса и увеличение количества осадков над Центральной и Северной Европой и одновременно снижение над Южной Европой и Северной Африкой. В случае положительной фазы картина меняется на обратную. Черноморское побережье находится в зоне влияния САК, хотя картину связи регионального климата с САК можно восстановить скорее на качественном уровне. Так, к примеру, зима 2006/2007 г. характеризуется аномально высоким положительным значением индекса САК [4] и одновременно, что является крайне важным для Черноморского побережья России, повышенным приблизительно на четверть относительно климатической нормы количеством осадков. Модельные эксперименты прогнозируют усиление положительных тенденций в САК [5] в ближайшие десятилетия. Следовательно, можно ожидать, что среднегодовое количество осадков на Черноморском побережье также проявит тенденцию роста.

В более длительной перспективе последствия глобальных изменений климата в трактовке IPCC вероятнее всего в той или иной степени затронут Черноморское побережье России. В настоящее время представляется достаточно проблематичным оценить региональные тренды приземной температуры воздуха, в связи с тем, что потепление не является пространственно-однородным (положительные и отрицательные тренды регионально температуры были обсуждены в предыдущих разделах) и проявляется, прежде всего, в высоких широтах. В случае роста температуры воздуха в летние месяцы следует ожидать, что отдых в этот период станет менее комфортным в юго-западной части побережья из-за сочетания высокой температуры и высокой влажности. Повышение температуры в зимние месяцы приведет к повышению снеговой линии, и, следовательно, создаст значительные проблемы для развития зимнего туризма. По всей видимости, на Черноморском побережье следует ожидать последствий усиления западного переноса и связанного с ним дальнейшего увеличения количества осадков (прежде всего в

зимний период). Нельзя исключать того, что усиление зимней циклонической активности в регионе явится причиной увеличения частоты особо опасных явлений погоды. Негативный эффект глобального потепления к концу столетия следует ожидать в том числе и от повышения уровня моря.

Выводы работы сводятся к следующему:

3. в большей части исследованных рядов температуры воздуха и осадков нельзя выделить статистически значимые линейные тренды;
4. устойчивый рост (или снижение) температуры и осадков на некоторых станциях, хотя и не является значимым в статистическом смысле, однако, свидетельствует о соответствующих долговременных тенденциях;
5. региональные вариации климатических характеристик не обязательно следуют глобальным тенденциям. Понимание закономерностей и вероятных перспектив изменений климата Черноморского побережья играет решающую роль для выработки долговременной стратегии развития региона.

Литература

1. Peterson T.C., Vose R. An Overview of the Global Historical Climatology Network Temperature Database // Bulletin of the American Meteorological Society, 1997, V. 78, P. 2837-2849.
2. Peterson T.C., Vose R., Schmoyer R., Razuvalov V. Global historical climatological network (GHCN) quality control of monthly temperature data // International Journal of Climatology, 1998, Vol. 18, P. 169-1179.
3. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change // URL: <http://www.ipcc.ch>.
4. Рыбак Е.А., Рыбак О.О. О спектральной структуре Североатлантического колебания // Метеорология и гидрология, 2005, №3, с. 69-77.
5. Osborn T.J. Simulating the winter North Atlantic Oscillation: the roles of internal variability and greenhouse gas forcing // Climate Dynamics, 2004, V. 22, P. 605-623.