

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ
ДАННЫХ, ВЫДЕЛЕННЫХ ДЛЯ
ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА ИЗ
МАССИВОВ РЕ-АНАЛИЗА JRA-25,
NCEP/NCAR И ERA-40**

А.В. Юровский, В.Н. Маслова

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: vao@alpha.mhi.inp.net

В статье проводится сравнение данных по температуре воздуха и атмосферному давлению, взятых из широко используемых ре-анализов: NCEP/NCAR, ERA-40, JRA-25, применительно к Черноморскому региону в целом и отдельно для Севастополя.

Введение. Целью данной работы было сравнение данных различных широко используемых ре-анализов применительно к Азово-Черноморскому региону. Использовались следующие ре-анализы: Japanese 25-year Reanalysis Project (JRA-25) [1], Национальных Центров Прогнозирования окружающей среды и Исследования атмосферы (NCEP/NCAR) [2, 3] и Европейского Центра среднесрочных прогнозов погоды (ERA-40) [4]. Из всех метеорологических элементов, данные о которых имеются в массивах ре-анализов, были выбраны температура воздуха на уровне 2 м и приземное атмосферное давление за период с 1979 г. до 2002-2006 гг. (в зависимости от ре-анализа).

В работе использовались среднемесячные данные ре-анализов. Поскольку в ERA-

40 приводятся среднемесячные величины на 00, 09, 12 и 18 часов, были использованы осредненные данные за 00 и 12 часов. Данные ре-анализов имеют различное пространственное разрешение. В JRA-25 данные по температуре воздуха и атмосферному давлению имеют разрешение $1.25 \times 1.25^\circ$. В ре-анализе ERA-40 оба параметра приведены с разрешением $2.5 \times 2.5^\circ$. В NCEP/NCAR атмосферное давление имеет разрешение $2.5 \times 2.5^\circ$, а температура воздуха по долготе имеет постоянное разрешение 1.875° и переменное по широте (Гауссовская сетка, для Черного моря -1.9°).

Для сравнения данных ре-анализов, учитывая их различное разрешение, было использовано два способа. Для экватории Черного и Азовского морей, включая Крым, данные, относящиеся к этому региону, осреднялись по пространству. Во втором случае данные линейно интерполировались в точку с координатами Севастополя по четырем ближайшим точкам.

Временной интервал для исследования был выбран с 1979 г. Во-первых, более ранних данных в JRA-25 нет, во-вторых, с этого времени началась эра активных спутниковых метеорологических наблюдений. Самый короткий ряд данных в ре-анализе ERA-40 (до августа 2002 г.), NCEP/NCAR был доступен до 2006 г. включительно. Несмотря на то, что данные ре-анализа JRA-25 доступны и за текущий 2007 год, для сравнения они не использовались.

Результаты. В таблицах 1-4 приведены результаты сравнения данных по температуре воздуха и атмосферному давлению для Черного моря и Севастополя.

Таблица 1 Сравнение температуры воздуха из разных ре-анализов для экватории Черного моря

Мес	JRA				NCEP				ERA			
	N	α	σ	r	N	α	σ	r	N	α	σ	r
1	28	1.00	1.13	0.9401	24	1.36	1.39	0.9746	24	2.37	2.44	0.8999
2	28	0.86	1.03	0.9515	24	1.17	1.20	0.9907	24	1.97	2.05	0.9508
3	28	0.76	0.94	0.9506	24	-0.78	0.82	0.9900	24	1.40	1.47	0.9726
4	28	0.63	0.75	0.9494	24	-0.35	0.42	0.9859	24	0.89	0.97	0.9569
5	28	0.03	0.48	0.8933	24	-0.33	0.40	0.9773	24	0.30	0.53	0.8880
6	28	0.09	0.36	0.9237	24	-0.39	0.41	0.9830	24	-0.43	0.53	0.9386
7	28	0.06	0.41	0.9485	24	-0.50	0.54	0.9859	24	-0.51	0.61	0.9692
8	28	0.03	0.23	0.9773	24	-0.69	0.72	0.9815	24	-0.66	0.68	0.9832
9	28	0.13	0.33	0.9698	23	-0.88	0.90	0.9896	23	1.10	1.12	0.9845
10	28	0.37	0.48	0.9586	23	-1.20	1.23	0.9689	23	1.66	1.69	0.9485
11	28	0.74	0.96	0.9385	23	-1.40	1.43	0.9861	23	2.29	2.35	0.9449
12	28	1.13	1.25	0.9454	23	1.29	1.33	0.9840	23	2.54	2.60	0.9397

Результаты представлены в следующем виде: N – число лет в рассматриваемом периоде; α – среднее отклонение (сдвиг); σ – среднее квадратичное отклонение; r – коэффициент корреляции.

Как видно из таблицы 1, температура воздуха из ре-анализа ERA-40, несмотря на осреднение между 00 и 12 час, заметно превышает данные JRA-25 и NCEP/NCAR. Особенно это проявляется в зимнее время года, когда средняя разность между температурой ERA-40 и JRA-25 составляет 1–1,5 °С, а превышение над NCEP/NCAR доходит до 2,5 °С. Но это касается лишь региона Черного и Азовского морей в целом.

В Севастополе картина несколько иная (таблица 2). Здесь уже величина температуры воздуха из NCEP/NCAR зимой превосходит аналогичные величины из JRA-25 и ERA-40 почти на 2 °С, а летом наоборот ве-

личины температуры воздуха из NCEP/NCAR меньше величин из других ре-анализов вплоть до 0,5 °С. Сравнение JRA-25 и ERA-40 показывает, что температура воздуха первого превышает температуру второго не более чем на 0,2 °С и то в холодное время года, а летом они практически равны. Следует отметить, что в теплое время года разница между величинами температуры воздуха меньше, чем в зимние месяцы, это наблюдается как в Севастополе, так и для всего Черноморского региона. Коэффициенты корреляции между данными разных ре-анализов довольно высокие и составляют 0,90–0,98, причем для Черного моря в целом корреляция между данными ре-анализов выше, чем для Севастополя, что объясняется осреднением данных.

Таблица 2 - Сравнение температуры воздуха из разных ре-анализов для Севастополя

Мес	JRA				NCEP				JRA - ERA				NCEP - ERA			
	N	α	σ	r	N	α	σ	r	N	α	σ	r	N	α	σ	R
1	28	-1.95	2.14	0.8546	24	0.21	0.68	0.9043	24	2.00	2.10	0.8883				
2	28	-1.65	1.97	0.8580	24	0.22	0.64	0.9618	24	1.71	1.87	0.9193				
3	28	-0.65	1.01	0.9242	24	0.16	0.54	0.9616	24	0.89	1.14	0.9476				
4	28	0.47	0.66	0.9165	24	0.18	0.33	0.9768	24	0.22	0.50	0.9446				
5	28	0.54	0.86	0.7879	24	0.07	0.27	0.9671	24	-0.35	0.64	0.8421				
6	28	0.26	0.52	0.8785	24	0.06	0.20	0.9795	24	0.16	0.47	0.8820				
7	28	0.05	0.49	0.9244	24	0.03	0.35	0.9688	24	0.00	0.35	0.9682				
8	28	-0.44	0.61	0.9073	24	0.06	0.37	0.9354	24	0.46	0.65	0.9012				
9	28	0.94	1.06	0.9265	23	0.10	0.47	0.9414	23	0.89	0.98	0.9606				
10	28	-1.53	1.65	0.8452	23	0.08	0.51	0.9066	23	1.44	1.50	0.9356				
11	28	2.14	2.28	0.8936	23	0.14	0.46	0.9726	23	2.14	2.23	0.9455				
12	28	2.10	2.24	0.9076	23	0.29	0.57	0.9658	23	2.16	2.26	0.9460				

Сравнение данных по атмосферному давлению, приведено в таблицах 3, 4. Видно, что приземное давление в ре-анализах JRA-25 и ERA-40 в Черноморском регионе практически одинаково, разность не превышает 0,2 гПа. Причем при осреднении по всей акватории атмосферное давление, взятое из японского ре-анализа, в основном меньше давления из европейского ре-анализа. В Севастополе наблюдается обратная ситуация. Величина атмосферного давления из ре-анализа NCEP/NCAR в Черном море превышает величины давления из европейского и японского ре-анализов на 0,5–0,6 гПа, причем годовой ход разности не прослеживается. Для района Севастополя различия между атмосферным давлением

всех трех ре-анализов невелики (не выше 0,4 гПа) и нельзя однозначно выделить завышенные величины в каком-то из ре-анализов. Корреляция данные по атмосферному давлению во всех трех ре-анализах очень высокая ($r = 0,98 - 0,99$).

Для сравнения данных ре-анализов с данными наблюдений на береговых метеостанциях были выбраны температура воздуха и атмосферное давление в Севастополе, и аналогичные данные из JRA-25. К сожалению, объем данной работы не позволяет показать сравнение данных всех ре-анализов с береговыми наблюдениями, а ре-анализ JRA-25 имеет наиболее мелкое разрешение ($1,25 \times 1,25^\circ$).

Таблица 3 Сравнение атмосферного давления из разных ре-анализов для акватории Черного моря

Мес	JRA - NCEP				JRA - ERA				NCEP - ERA			
	N	α	σ	r	N	α	σ	r	N	α	σ	r
1	28	0.50	0.64	0.9940	24	-0.00	0.20	0.9985	24	0.62	0.67	0.9983
2	28	0.48	0.61	0.9912	24	0.09	0.22	0.9974	24	0.51	0.54	0.9977
3	28	0.29	0.39	0.9963	24	0.20	0.27	0.9991	24	0.17	0.27	0.9977
4	28	0.27	0.35	0.9892	24	-0.20	0.23	0.9968	24	0.12	0.22	0.9911
5	28	0.31	0.37	0.9923	24	0.22	0.26	0.9974	24	0.14	0.27	0.9924
6	28	0.45	0.49	0.9923	24	-0.13	0.21	0.9965	24	0.34	0.38	0.9937
7	28	0.60	0.63	0.9897	24	0.09	0.17	0.9958	24	0.55	0.57	0.9947
8	28	0.61	0.66	0.9910	24	-0.06	0.12	0.9959	24	0.61	0.63	0.9926
9	28	0.50	0.55	0.9931	23	-0.03	0.17	0.9985	23	0.55	0.57	0.9965
10	28	-0.45	0.52	0.9917	23	-0.01	0.19	0.9948	23	0.53	0.57	0.9933
11	28	0.42	0.55	0.9882	23	0.09	0.21	0.9972	23	0.66	0.69	0.9963
12	28	-0.54	0.68	0.9913	23	0.11	0.20	0.9985	23	0.82	0.84	0.9979

Таблица 4 – Сравнение атмосферного давления из разных ре-анализов для Севастополя

Мес	JRA - NCEP				JRA - ERA				NCEP - ERA			
	N	α	σ	r	N	α	σ	r	N	α	σ	r
1	28	0.02	0.29	0.9975	24	0.09	0.15	0.9994	24	0.12	0.22	0.9986
2	28	0.01	0.25	0.9959	24	0.04	0.17	0.9982	24	0.08	0.24	0.9970
3	28	0.03	0.22	0.9976	24	-0.12	0.22	0.9981	24	0.04	0.21	0.9979
4	28	0.06	0.22	0.9899	24	-0.02	0.18	0.9929	24	0.04	0.26	0.9850
5	28	0.00	0.18	0.9953	24	0.03	0.15	0.9968	24	0.04	0.23	0.9921
6	28	-0.10	0.23	0.9918	24	0.10	0.17	0.9972	24	0.23	0.30	0.9936
7	28	0.22	0.35	0.9829	24	0.15	0.20	0.9962	24	0.43	0.48	0.9906
8	28	-0.28	0.42	0.9863	24	0.13	0.17	0.9950	24	0.49	0.53	0.9888
9	28	0.20	0.35	0.9908	23	0.17	0.20	0.9992	23	0.46	0.50	0.9962
10	28	0.00	0.23	0.9947	23	0.19	0.22	0.9986	23	0.22	0.31	0.9952
11	28	0.03	0.27	0.9952	23	0.12	0.17	0.9993	23	0.14	0.25	0.9974
12	28	0.00	0.28	0.9969	23	0.13	0.19	0.9991	23	0.20	0.31	0.9975

Результаты сравнения температуры воздуха и атмосферного давления в Севастополе и ре-анализе JRA-25 показаны на рисунках 1 и 2. Величина температуры воздуха в Севастополе в зимние месяцы превышает данные JRA-25, а летом наоборот.

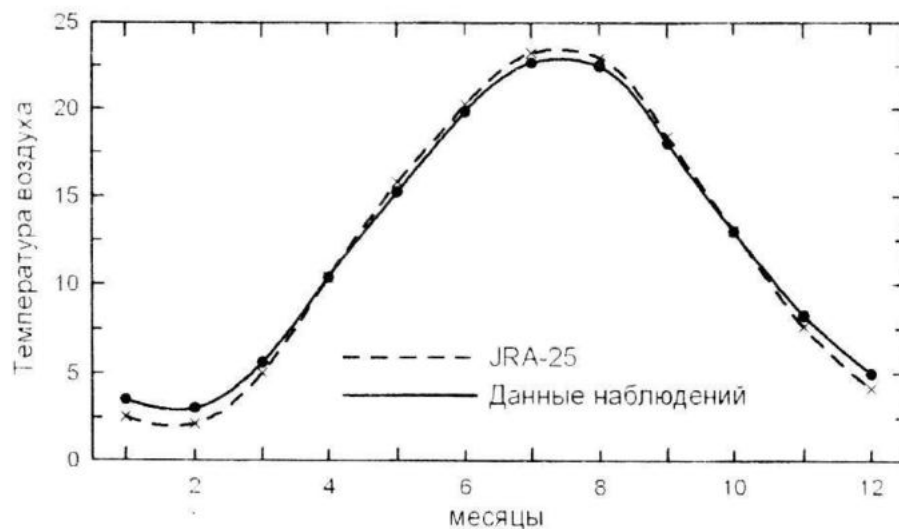


Рисунок 1 – Средняя за 1979–2006 гг. температура воздуха в Севастополе: выбранная из ре-анализа JRA-25 и по данным наблюдений

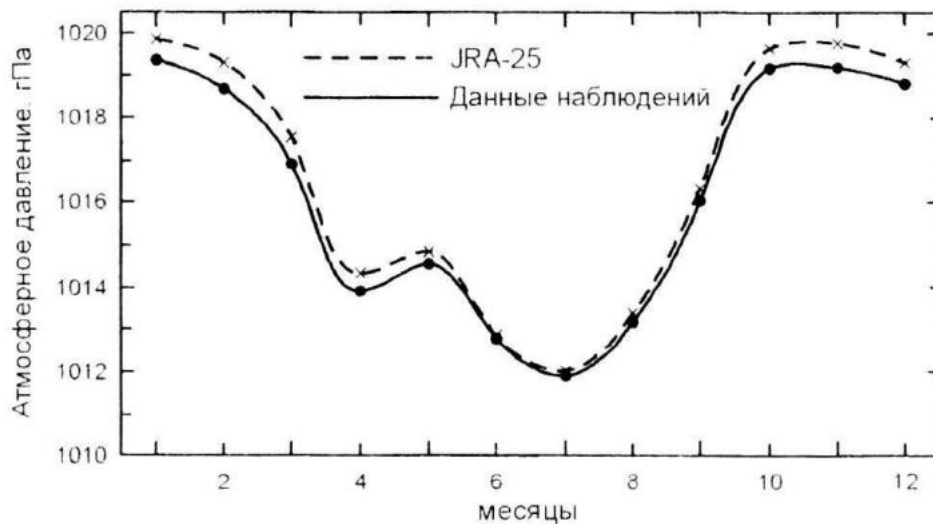


Рисунок 2 Среднее за 1979–2006 гг. атмосферное давление в Севастополе: выбранное из ре-анализа JRA-25 и по данным наблюдений

В целом можно отметить, что расхождение по температуре воздуха между ре-анализом и натурными измерениями на отдельной станции невелико, учитывая, что ре-анализ охватывает весь Земной шар. Что касается атмосферного давления, то данные JRA-25 превосходят данные в Севастополе, причем зимой более значительно, чем летом. Ранее отмечалось, что данные всех трех ре-анализов отличаются незначительно, поэтому можно признать их хорошее совпадение с натурными измерениями.

Вывод. В Азово-Черноморском регионе различия в температуре воздуха по данным ре-анализов достигают 2–2.5 °С, причем самые высокие значения в ERA-40, а самые низкие в ре-анализе NCEP. В зимние месяцы различия больше, чем летом, что объясняется, вероятно, влиянием температуры подстилающей поверхности. Максимальные значения температуры в Севастополе, напротив, характерны для ре-анализа NCEP, минимальные – для ERA-40, разность достигает 2 °С и аналогично прослеживается ее годовой ход.

Сравнение атмосферного давления в Азово-Черноморском и в Севастополе регионе показывает соответствие между данными различных ре-анализов на уровне ошибок измерения. Годовой ход не наблюдается.

Изменчивость температуры воздуха по данным ре-анализа JRA-25 удовлетворительно согласуются с данными натурных наблюдений в Севастополе. В зимние меся-

цы JRA-25 дает заниженные значения, а в летние – завышенные. По атмосферному давлению данные ре-анализа JRA-25 на протяжении всего года незначительно превышают данные наземных наблюдений. С мая по сентябрь наблюдается практически полное соответствие.

В заключение можно отметить, что для Азово-Черноморского региона данные по температуре воды и атмосферному давлению всех трех ре-анализов хорошо согласуются как между собой, так и с прибрежными наблюдениями. Расхождения в значительной степени могут быть вызваны ошибками интерполяции при сравнении данных с разным разрешением. Да и разрешение этих ре-анализов недостаточно для такого региона.

Литература

1. K. Onogi, J. Tsutsui, H. Koide et al. The JRA-25 Reanalysis. *J. Meteor. Soc. Japan*, 2007, **85**, – P. 369 – 432.
2. J. W. Hurrell, G. G. Campbell Monthly mean global satellite data sets available in CCM history tape format – NCAR Tech. Note, NCAR/TN-371+IA, NCAR, Boulder CO, 1992, 80307, 94 pp.
3. J. J. Hack, B. A. Boville et al. Climate statistics from the NCAR Community Climate Model (CCM2) – *J. Geophys. Res.*, 1994, **99**, – P. 20785 – 20813.
4. S. M. Uppala, P. W. Källberg et al. The ERA-40 re-analysis – *Quart. J. R. Meteorol. Soc.*, 2005, **131**, – P. 2961 – 3012.