АНАЛИЗ АПВЕЛЛИНГОВ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ И ДАННЫМ ТЕРМОКОСЫ И ИХ СВЯЗЬ С ВЕТРОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

**Мысленков С. А.^{1,2}, Сильвестрова К.П.², Кречик В.А.²,
Капустина М.В.²**

*¹МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д1,
тел.+7 495 939-2215, e-mail: stasoccean@gmail.com*

*²Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
117997, г. Москва, Нахимовский пр., 36, тел.+7 499 124-1301*

Temporary and space variability of water temperature in a coastal zone of the southeast Baltic Sea near the coast of the Kaliningrad region are described. There are characteristics and dynamics of the upwelling based on satellite and thermo-chain measurements. The wind reanalysis data NCEP/CFS2 used for description of upwellings dynamics.

Апвеллинги в юго-восточной части Балтийского моря наблюдаются достаточно часто [1, 4, 5]. В основном апвеллинги в данном районе отмечаются при воздействии ветров северного, северо-восточного и восточного румбов [3]. Термическая структура вод прибрежной зоны Калининградской области подробно рассматривается в работах [2, 6, 7].

Для описания температуры поверхности моря в исследуемом районе были использованы осредненные за сутки мультисенсорные данные дистанционного зондирования Земли в узлах регулярной сетки с шагом 0.02°, распространяемые CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring Service) уровня L3. В качестве натуральных прямых измерений использовались данные термокосы, установленной на платформе Д-6 в прибрежной зоне Балтийского моря на расстоянии около 20 км от берега. Термокоса состоит из 9 датчиков, расположенных на горизонтах: 0.1, 1, 3, 5, 8, 10, 13, 24, 28 м [8, 9]. Дискретность измерений температуры составляет 1 мин, точность $\pm 0.025^\circ\text{C}$. Метеорологические данные получены метеостанцией КРАМС-4-03, которая расположена непосредственно на платформе Д-6 на высоте 27 м.

Для оценки напряжения трения ветра на поверхности воды использованы данные реанализа NCEP/CFSv2. Пространственное разрешение реанализа составляет $\sim 0.2^\circ$, шаг по времени 1 час. Используются дан-

Рис. 1. Температура воды и критерий апвеллинга в точках 1, 2, 3 (узлы реанализа).

ные нескольких ближайших к платформе узлов реанализа (врезка на рис.1). Для оценки возможности развития полного прибрежного апвеллинга только за счет ветра был применен специальный критерий апвеллинга, ранее использованный в работе [10]. В основе расчета критерия используются данные о вдольбереговой составляющей напряжения трения ветра, длительности ветрового воздействия и толщины верхнего квазиоднородного слоя.

Рис. 2. Температура воды и скорость ветра по натурным данным.

По данным термокосы с августа 2015 г. по март 2018 г. были выделены случаи полных и неполных апвеллингов. На рис. 2 представлен график температуры воды по данным термокосы за период с марта по сентябрь 2016 г. Также на рис. 1 приведен критерий апвеллинга. Если критерий составляет менее – 1, то должен наблюдаться ветровой апвеллинг. Течения не ветровой природы могут либо усиливать, либо ослаблять этот эффект. Видно, что для ряда случаев данный критерий работает правильно.

Подробно рассмотрен апвеллинг, наблюдавшийся с 5 по 12 июня 2016 г. в районе Куршской косы. Причиной апвеллинга стал северо-восточный ветер, дувший со скоростью 5–12 м/с 4 по 7 июня. Критерий апвеллинга составил – 2.27 (суммарный эффект с 3 по 7 июня в 3 точке). К 7 июня температура поверхности моря в районе платформы снизилась с 18°C до 9°C (рис. 2). По данным дистанционного зондирования 7 июня вдоль побережья Куршской косы наблюдается узкая полоса вод, имеющая температуру 10–11°C (рис. 3).

Рис. 3. Температура воды на поверхности по спутниковым данным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Esiukova E., Chubarenko I., Stont Zh. Upwelling or Differential Cooling? Analysis of Satellite SST Images of the Southeastern Baltic Sea // *Water Resources*. 2017. Vol. 44. No. 1. P. 69–77.
2. Kapustina M.V., Krechik V.A., and Gritsenko V.A. Seasonal variations in the vertical structure of temperature and salinity fields in the shallow Baltic Sea off the Kaliningrad Region coast // *Russ. J. Earth. Sci.* 2017. Vol. 17. ES1004.
3. Kowalewski M., Ostrowski M. Coastal up-and downwelling in the southern Baltic // *Oceanologia*. 2005. No. 47(4). P. 435–475.
4. Kozlov I.E., Kudryavtsev V.N., Johannessen J.A., Chapron B., Dailidienė I., and Myasoedov A.G. ASAR imaging for coastal upwelling in the Baltic Sea // *Advances in Space Research*. 2012. Vol. 50. No. 8. P. 1125–1137.
5. Lehmann A., Myrberg K., Höflisch K. A statistical approach to coastal upwelling in the Baltic Sea based on the analysis of satellite data for 1990–2009 // *Oceanologia*. 2012. No. 54 (3). P. 369–393.
6. Дубравин В.Ф., Капустина М.В., Мысленков С.А. Эволюции термической структуры вод на Самбийско-Куршской возвышенности (Юго-восточная Балтика) по данным термоксы // *Известия КГТУ*. 2018. № 50. С. 35–47.
7. Кречик В.А., Гриценко В.А. Термическая структура прибрежных вод Балтийского моря у северного побережья Калининградской области // *Процессы в геосредах*. 2016. № 1(5). С. 77–84.
8. Мысленков С.А., Кречик В.А., Соловьев Д.М. Анализ температуры воды в прибрежной зоне Балтийского моря по спутниковым данным и измерениям термоксы // *Труды Гидрометцентра России*. 2017. № 364. С. 159–169
9. Мысленков С.А., Кречик В.А., Бондарь А.В. Суточная и сезонная изменчивость температуры воды в прибрежной зоне Балтийского моря по данным термоксы на платформе Д-6 // *Экологические системы и приборы*. 2017. № 5. С. 25–33.
10. Сильвестрова К.П., Зацепин А.Г., Мысленков С.А. Прибрежные апвеллинги в Геленджикском районе Черного моря: связь с ветровым воздействием и течением // *Океанология*. 2017. Т. 57. № 4. С. 521–530.