ЧЕРНОМОРСКИЙ ПОЛИГОН ИО РАН И ПЕРСПЕКТИВА ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРИБРЕЖНОЙ ОПЕРАТИВНОЙ ОКЕАНОГРАФИИ

Зацепин А.Г.¹, Баранов В.И.¹, Горбачкий В.В.², Дудко Д.И.²,
Ивонин Д.В.¹, Коваленко В.В.¹, Кочетов О.Ю.¹, Куклев С.Б.¹,
Мысленков С.А.^{1,3}, Островский А.Г.¹, Очередник В.В.¹,
Подымов О.И.¹, Сильвестрова К.П.¹, Соловьев Д.М.^{1,5},
Телегин В.А.⁴, Шпилев Н.Н.²

¹Институт океанологии им. П.П. Шириова РАН, 117997, г. Москва, Нахимовский
проспект, д.36, тел/ факс: +7 499 1246392,
+7 499 1245983, e-mail: zatsepin@ocean.ru,

²Крыловский государственный научный центр, Санкт Петербург, 196158,
Россия, e-mail: v.gorbatskyi@gmail.com,

³Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
географический факультет, Москва, 119991, Россия, e-mail: stasocan@gmail.com,

⁴Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им.
Н.В. Пушкова РАН, Москва, 142190, Россия, e-mail: tehvika@gmail.com,

⁵Морской гидрофизический Институт РАН, 299011, Севастополь, ул. Капитан-
ская, Россия, Тел./факс: +7 8692 54 5241, e-mail: solmit@gmail.com

The modern results and plans for the development of the SIO RAS permanent research and monitoring site at shelf-continental slope zone of the Black Sea, designed for investigation and automatic monitoring of the aquatic environment and operational oceanography are presented.

В прибрежной зоне Черного моря в районе г. Геленджик на базе Южного отделения Института океанологии им. П.П. Шириова РАН в 2011–2013 гг. был развернут постоянно действующий полигон (Полигон «Геленджик», <http://polygon.ocean.ru/index.php>), первоначально предназначенный для исследования и мониторинга состояния водной среды и биоты (рис. 1), [3]. Основу полигона составляют автономные заякоренные и донные станции, измеряющие профили гидрофизических параметров с высоким пространственно-временным разрешением. Выполняются также регулярные судовые разрезы с комплексными исследованиями состояния морской экосистемы [1], а также эпизодические съемки поля скорости течения буксируемым за судном акустическим доплеровским измерителем течений ADCP и запуски дрейфтеров [5].

В настоящее время важной задачей становится использование Полигона «Геленджик» для разработки и опробования технологии

Рис. 1. Зеленый треугольник – береговые метеостанции; зеленые звездочки – станции в составе донного ADCP и заякоренной термоксы; зеленый квадрат – навигационный буй с автоматической метеостанцией и онлайн передачей данных; красные молнии – доплеровский КВ радар для измерения поверхностных течений на акватории полигона; пунктирная линия со стрелками – галсы судна при проведении измерений скорости течения буксируемым за судном ADCP.

оперативной океанографии (ОО) прибрежных зон морей России, на основе применения высокоразрешающих гидродинамических моделей с усвоением данных береговой радиолокации и автономных гидрофизических станций с передачей данных в реальном времени. Решение этой задачи необходимо для океанологического обеспечения морской деятельности в прибрежных районах морей России.

Развитая в передовых странах мира технология ОО базируется на получении в реальном времени данных атмосферного воздействия, спутниковых измерений уровня моря (спутниковой альтиметрии) и температуры морской поверхности (спутниковой ТПМ) и их усвоении в численных гидродинамических моделях. С помощью моделей даются диагноз и прогноз полей температуры, солёности и скорости течений на срок до десяти дней [3]. Верификация результатов численных расчетов

производится на основе сопоставления с разнообразными данными контактных наблюдений, в том числе, ныряющих поплавков типа АРГО.

В прибрежных зонах морей, шириной до 200 км, в качестве альтернативы усвоению спутниковых данных уровня моря может послужить ассимиляция в численные модели данных поверхностной скорости течения, получаемых доплеровскими радиолокаторами КВ диапазона. Данный подход уже используется в ряде стран для реализации методов оперативной океанографии в прибрежных зонах морей и океанов [4]. При наличии гидродинамических моделей высокого разрешения он позволяет производить текущую оценку и прогноз скорости течения и основных гидрофизических полей заданных акваторий с пространственным разрешением, характерным для субмезомасштабных неоднородностей, т.е. не хуже 0.2–0.5 км по горизонтали, 2–7 м по вертикали.

Еще одной задачей ОО является прогноз ветрового волнения. На Полигоне производится мониторинг параметров ветрового волнения при помощи донных станций ADCP и датчиков гидростатического давления. В дальнейшем эти данные используются для оценки качества и калибровки модели прогноза волнения для Черного моря, работающей в оперативном режиме [6, 7].

На Полигоне для измерения скорости поверхностного течения уже введено в практику использование доплеровских радиолокаторов КВ диапазона [2]. В ближайшие один два года на территории ЮО ИОРАН, а также еще и в другом пункте черноморского побережья, удаленном от Геленджика на 15–30 км, планируется разместить по одному комплекту доплеровского КВ-радиолокатора WERA (Германия), с помощью которых будет осуществляться непрерывное измерение поля скорости поверхностного течения на прибрежной акватории 40×40 км² с пространственным разрешением 1–2 км. После ввода в строй этой измерительной системы, для реализации технологии региональной прибрежной ОО потребуются разработать программные комплексы ассимиляции радиолокационных данных по скорости течения в гидродинамической модели высокого разрешения и верифицировать результаты расчета путем сопоставления с данными контактных измерений.

Работа выполнена при поддержке проекта ПП РАН №50 (№ 0149-2018-0022), а также грантов РФФИ № 17-05-00381, 17-05-00799, 17-05-41089, 16-45-230781.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арашкевич Е.Г., Луппова Н.Е., Никишина А.Б., и др. Судовой экологический мониторинг в шельфовой зоне Черного моря: оценка современного состояния пелагической экосистемы (2005–2014 гг.) // *Океанология*. 2015. Т. 55. № 6. С. 964–970.
2. Горбачкий В.В., Сабинин К.Д., Телегин В.А., Зацепин А.Г., Куклев С.Б. Применение доплеровского КВ-радиолокатора для исследования пространственной структуры течений в Черном море // *Морской гидрофизический журнал*. 2017. № 3 (195). С. 63–73.
3. Зацепин А.Г., Островский А.Г., Кременецкий В.В. и др. Подспутниковый полигон для изучения гидрофизических процессов в шельфово-склоновой зоне Черного моря // *ФАО*. 2014. № 1. С. 16–29.
4. Марчук Г.И., Патон Б.Е., Коротаев Г.К., Залесный В.Б. Информационно-вычислительные технологии – новый этап развития оперативной океанографии // *ФАО*. 2013. Т. 49. № 6. С. 629–642.
5. Мысленков С.А., Зацепин А.Г., Сильвестрова К.П., Баранов В.И. Использование дрейфующих буев и буксируемого профилографа для исследования течений на шельфе Черного моря // *Вестник московского университета. Серия 5. География*. 2014. № 6. С. 73–80.
6. Мысленков С.А., Столярова Е.В., Архипкин В.С Система прогноза ветрового волнения в Черном море с детализацией в шельфовых зонах // *Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов*. 2017. № 44. С. 126–135.
7. Зацепин А.Г., Горбачкий В. В., Мысленков С.А. и др. Сравнение характеристик течений, измеренных КВ и СВЧ радиолокаторами на гидрофизическом полигоне ИО РАН в Черном море, с данными ADCP и дрейфтеров // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2017. Т. 14. № 7. С. 250–266.
8. Gopalarishan G., Blumberg A.F. Assimilation of radar – derived surface currents on tidal – timescales // *J. Operat. Oceanogr*. 2012. Vol. 5. No. 1. P. 75–87.