

Предварительные результаты экспедиции Морского гидрофизического института НАН Украины на НИС «Эксперимент» в северо-западной части Черного моря в мае 2007 года

В мае 2007 г. Морским гидрофизическим институтом НАН Украины была проведена океанографическая экспедиция в северо-западном секторе Черного моря, которая открыла серию запланированных съемок в этом районе. Экспедиция выполнялась в рамках национальных и международных проектов – «Климат», «Экошельф», «Стабильная экосистема», *SESAM*, *ECOOP* и «Океанография». В данном сообщении приводится информация о выполненных работах, а также краткий анализ процесса субдукции вод северо-западного шельфа. Показано, что в условиях аномально теплого предшествующего осенне-зимнего периода в мае 2007 г. над свалом глубин вдоль изопикнических поверхностей $\sigma_t = 14,0$ и $\sigma_t = 14,5 - 14,6$ все еще наблюдалась выраженная субдукция вод, сформированных в процессе осенне-зимнего выхолаживания. Получены новые данные об интенсивности вертикального турбулентного обмена на материковом склоне северо-западной части Черного моря.

В 2007 г. Морской гидрофизический институт (МГИ) НАН Украины возобновил регулярные экспедиционные исследования на НИС «Эксперимент» в северо-западной части Черного моря и у Южного берега Крыма. Всего в 2007 г. выполнено 5 комплексных съемок с целью разрешения фундаментальных проблем региональной океанографии Черного моря и решения ряда прикладных задач. Цели экспедиций определялись выполняемыми в МГИ НАН Украины задачами нескольких национальных и международных проектов – «Климат», «Экошельф», «Стабильная экосистема», *SESAM*, *ECOOP* и «Океанография». Они заключались в следующем:

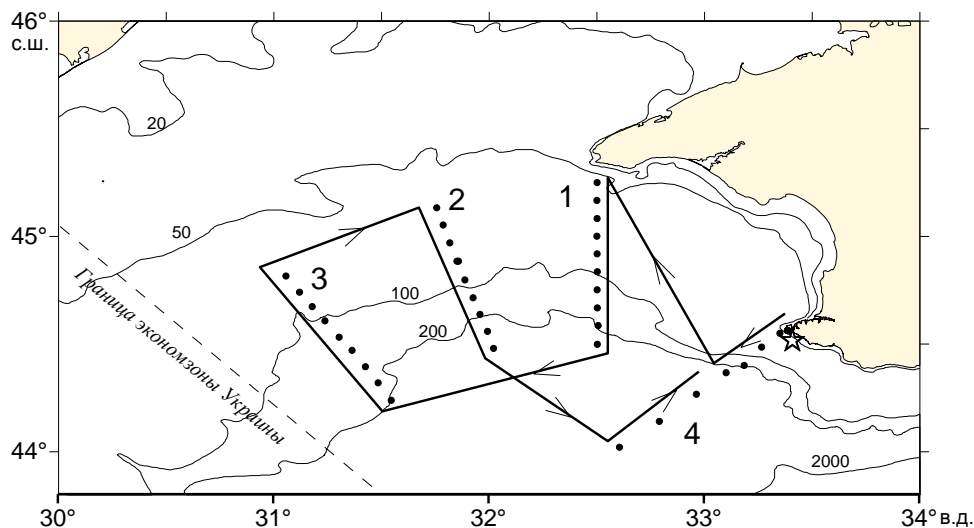
- изучение механизма субдукции шельфовых вод в открытую часть моря и трансформации вод холодного промежуточного слоя (ХПС) различного происхождения;
- исследование сезонной эволюции Севастопольского антициклонического вихря;
- климатический мониторинг деятельного слоя Черного моря на вековом разрезе Херсонес – Босфор;
- оценка интенсивности вертикального турбулентного обмена на материковом склоне северо-западной части Черного моря;
- получение информации для валидации альтиметрических спутниковых данных и прогностических термогидродинамических моделей.

15 – 20 мая 2007 г. на НИС «Эксперимент» была проведена первая океанографическая экспедиция. Программа работ [1] предусматривала выполнение комплексной океанографической съемки в северо-западной части Черного моря на внешней границе шельфа и материковом склоне в пределах экономической зоны Украины (рис. 1). Основная цель экспедиции состояла в

уточнении роли шельфовых вод в процессе обновления ХПС в период теплой зимы. Имеются данные о том, что в теплые зимы, когда отсутствуют явно выраженные очаги интенсивной конвекции в открытой части моря, в процессе обновления ХПС значительно возрастает вклад шельфовых вод [2]. Годовой период с апреля 2006 г. по май 2007 г., предшествующий экспедиции, характеризовался положительными аномалиями температуры воздуха над Черным морем (рис. 2).

Съемка включала в себя:

- три разреза, пересекающих материковый склон от глубин 50 – 60 м до 1000 – 1200 м. Расстояние между станциями 5 миль, между разрезами 25 – 30 миль;
- части векового разреза Херсонес – Босфор (7 станций).

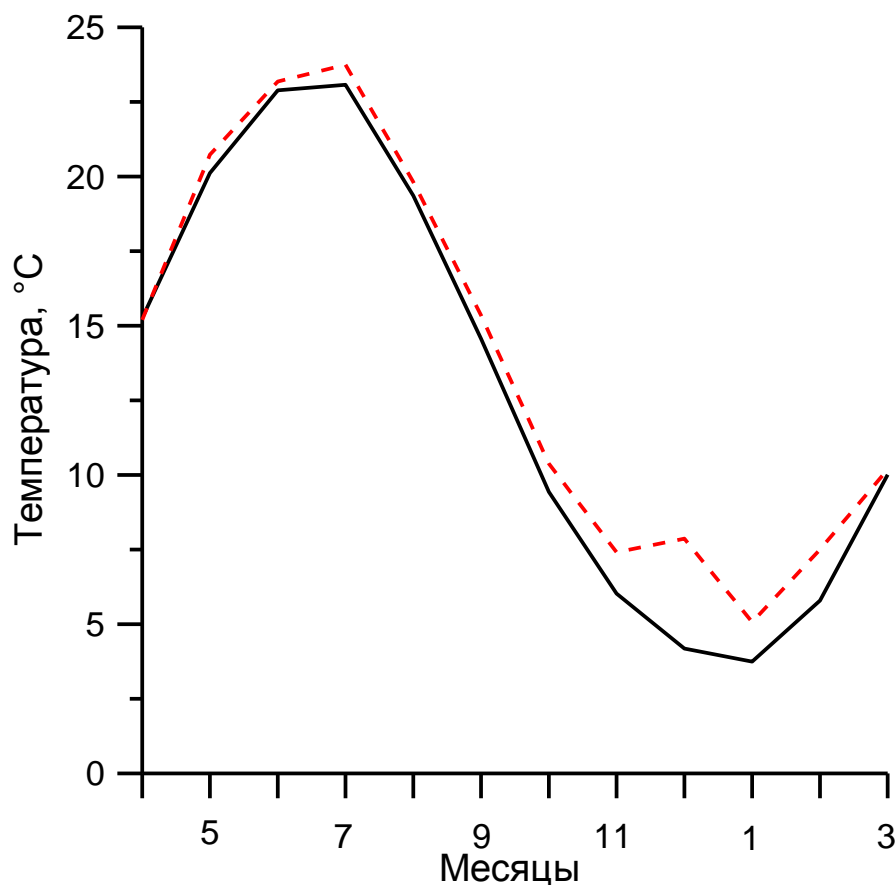


Р и с. 1. Схема станций, выполненных в экспедиции на НИС «Эксперимент» в северо-западной части Черного моря 15 – 20 мая 2007 г. Цифрами 1 – 4 отмечены номера разрезов, звездочкой – положение многочасовой станции

После завершения океанографической съемки была выполнена многосерийная полусуточная станция с дискретностью 2 ч. На рис. 1 она обозначена звездочкой.

Местоположение и ориентация разрезов выбраны таким образом, чтобы захватить процесс обновления ХПС за счет субдукции холодных вод из северо-западной части шельфовой зоны Черного моря после окончания периода развитой зимней конвекции. Предполагалось также, что ориентация одного из разрезов по меридиану м. Тарханкут (разрез 1) позволит использовать полученные данные в качестве граничных условий при валидации прогностической термогидродинамической модели высокого разрешения для прибрежного района, примыкающего к Западному Крыму. Ориентация и положение разреза 2 выбраны таким образом, чтобы его южная часть проходила по под-

водной долине между двумя подводными хребтами, где можно ожидать большой объем стекающих шельфовых вод. Разрез 3 ориентирован по трассе спутника *Topex/Poseidon* для валидации альтиметрических измерений.



Р и с. 2. Годовой ход температуры воздуха в северо-западной части Черного моря на высоте 2 м по данным [3] (сплошная линия – среднее многолетнее значение, штриховая – за апрель 2006 г. – март 2007 г.)

В соответствии с утвержденной программой на каждой станции выполнялся полный комплекс океанографических наблюдений, включающих измерения температуры, электропроводности, концентрации растворенного кислорода и гидростатического давления с помощью шельфового измерительного комплекса ШИК-1, разработанного в отделе гидрофизики шельфа. Глубина зондирования в мелководной части шельфа была максимально (до 1 – 3 м) приближена к дну, а в глубоководной части моря – ограничена возможностями имеющейся на судне лебедки и составляла 260 – 270 м.

На борту судна были развернуты две установки – для определения содержания растворенного кислорода методом Винклера и для фильтрования проб.

На каждой гидрологической станции сотрудниками отдела биогеохимии моря определялось содержание растворенного кислорода для калибровки кислородного датчика прибора ШИК-1 и осуществлялся отбор проб воды с целью их консервирования для дальнейшего определения содержания фосфатов, кремнекислоты, нитратов и нитритов в стационарных условиях. Для отбора проб использовались шесть пластиковых батометров шельфового измерительного комплекса ШИК-1 вместимостью 1 л.

На каждой океанографической станции с помощью измерительного комплекса «Сигма-1» сотрудниками отдела турбулентности выполнялись измерения пульсаций температуры, электропроводности и трех компонент вектора скорости течения.

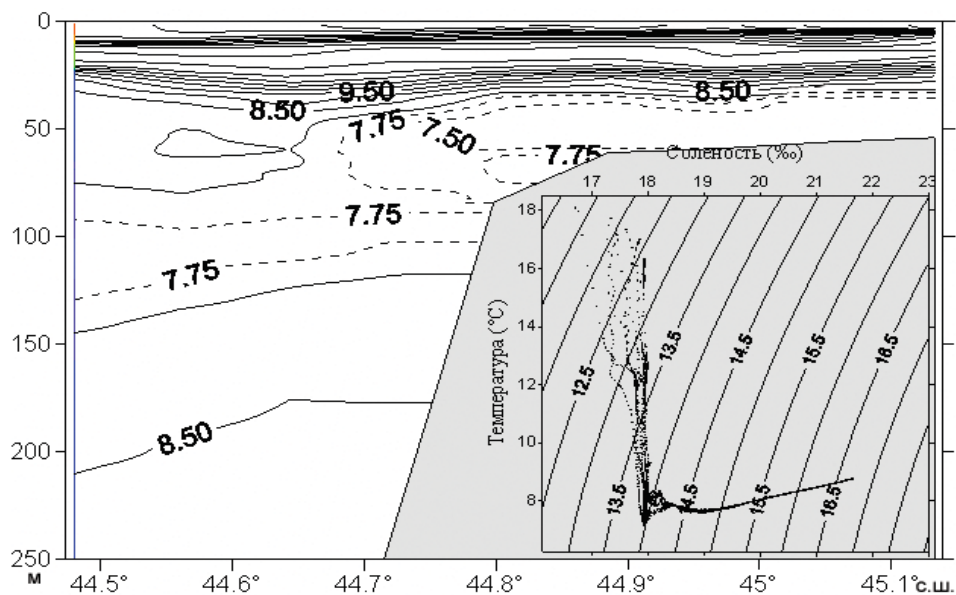
Благоприятные погодные условия, а также современное навигационное оборудование НИС «Эксперимент» способствовали тому, что реальное и запланированное положение выполненных океанографических станций практически совпадало.

Если судить по климатическому сезонному циклу, время выполнения съемки приходилось на период, следующий непосредственно за периодом максимального усиления скорости Основного Черноморского течения, strength которого располагался южнее района исследований. В этот период происходил также интенсивный прогрев поверхностных вод.

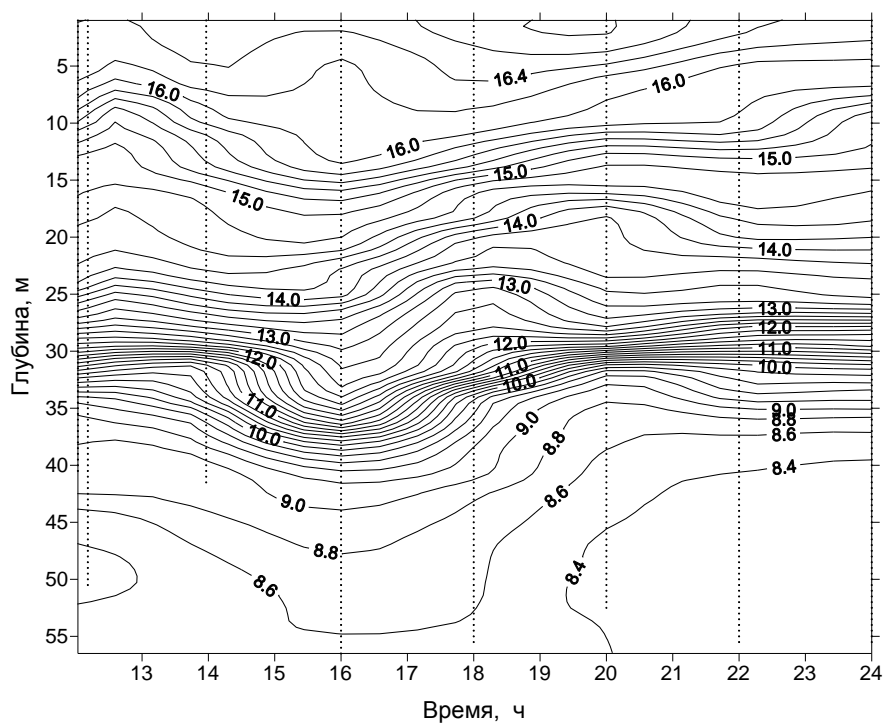
Реальная динамическая ситуация в период исследований характеризовалась наличием двух антициклонических образований в области материкового склона, что подтверждается геострофическими расчетами и данными спутниковых измерений.

Процесс субдукции в исследуемый период в северо-западной части Черного моря происходил над свалом глубин вдоль двух изопикнических поверхностей $\sigma_t = 14,0$ и $\sigma_t = 14,5 - 14,6$ (рис. 3). Интересно, что аналогичный характер распределения температуры с двухслойной структурой ХПС в этом районе наблюдался в экспедиции на НИС «Эксперимент» и в сентябре 2007 г. По мере смещения в открытую часть моря двухслойный характер субдукции разрушается процессами вертикального перемешивания. Вертикальное распределение термической устойчивости на разрезах и оценка интенсивности вертикального турбулентного обмена на материковом склоне северо-западной части Черного моря с использованием пульсационных измерений, проведенных сотрудниками отдела турбулентности, подтверждают это предварительное заключение. Отметим в этой связи, что по данным пульсационных измерений и на верхней, и на нижней границах ХПС обнаруживалось возрастание уровня турбулентных пульсаций трех компонент скорости течения, температуры и электропроводности морской воды.

Распределение кислорода на всех выполненных разрезах в расположенном над ХПС слое между изопикнами 13,4 – 14,0 характеризовалось повышенным (на 0,2 – 0,3 мл/л) содержанием. В мелководной части района превышение содержания кислорода по сравнению с выше- и нижележащими водами составляло 0,5 – 0,6 мл/л.



Р и с. 3. Распределение температуры на разрезе 2 в северо-западной части Черного моря в мае 2007 г. На врезке показано семейство T - S -кривых



Р и с. 4. Эволюция температуры приповерхностного слоя на многочасовой станции

По результатам измерений на полусуточной станции в области скачка температуры и солености зарегистрирована внутренняя волна, характерной особенностью которой было то, что в момент ее прохождения глубины залегания верхней и нижней границ слоя скачка температуры и солености колебались практически в противофазе, что свидетельствует о наличии высоких мод (рис. 4). В результате в середине срока наблюдения верхняя часть слоя скачка заметно размылась, а в завершающей фазе прохождения волны имело место обострение вертикального градиента в нижней части слоя скачка.

Таким образом, проведенные экспедиционные исследования позволили получить ценный материал для дальнейшего углубления наших знаний об океанографических процессах, определяющих структуру вод северо-западного шельфа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Отчет* об океанографической экспедиции на НИС «Эксперимент» в северо-западной части Черного моря в мае 2007 г. // Научные фонды МГИ НАН Украины. – Севастополь. – 2007. – 27 с.
2. *Belokopytov V.* Long-term variability of cold intermediate layer renewal condition in the Black Sea // *Ecosystem Modeling as Management Tool for the Black Sea* / Eds. L.I. Ivanov and T. Oguze. – 2. – Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1998. – P. 47 – 52.
3. http://jra.kishou.go.jp/index_en.html.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,
Севастополь

Материал поступил
в редакцию 18.03.08

ABSTRACT In May, 2007 Marine Hydrophysical Institute carried out an oceanographic expedition in the northwestern sector of the Black Sea. The expedition has started a series of surveys planned to be done in this region. It was performed within the framework of national and international projects – «Climate», «Ecosshelf», «Sustainable ecosystem», SESAM, ECOOP and «Oceanography». The present paper gives information on the performed work, and also a brief analysis of water subduction process on the northwestern shelf. It is shown that in spite of anomalously warm previous fall-winter period, in May, 2007 in this region above the shelf break and along the isopycnal surfaces $\sigma_t = 14.5 - 14.6$ and $\sigma_t = 14.0$ a pronounced subduction of waters formed in the process of fall-winter cooling, was still observed. New data on intensity of vertical turbulent exchange on the continental slope in the northwestern Black Sea are obtained.