

УДК 551.46.062.3+551.46.062.5 (262.5)

**Е. И. ГАЗЕТОВ<sup>1</sup>, В. И. МЕДИНЕЦ<sup>1</sup>**, канд. физ.-мат. наук, **С. М. СНИГИРЕВ<sup>1</sup>**, канд. биол. наук,  
**О. П. КОНАРЕВА<sup>1</sup>, П. М. СНИГИРЕВ<sup>1</sup>, С. В. МЕДИНЕЦ<sup>1</sup>**, д-р природ. наук,  
**А. Н. АБАКУМОВ<sup>1</sup>, В. З. ПИЦЫК<sup>1</sup>, Н. В. КОВАЛЕВА<sup>1</sup>**, канд. биол. наук, **И. Е. СОЛТЫС<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, г. Одесса, Украина*  
пров. Маяковского 7, м. Одеса, 65082, Україна

e-mail: [gazetov@gmail.com](mailto:gazetov@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-5362-1973>  
[medinets@te.net.ua](mailto:medinets@te.net.ua) <http://orcid.org/0000-0001-7543-7504>

## ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОРСКИХ ВОД В ОДЕССКОМ ЗАЛИВЕ В 2016-2017 ГГ.

**Цель.** Обобщение результатов пилотного проекта мониторинга гидрологических характеристик прибрежных вод Одесского залива, который выполнялся в рамках международного проекта EMBLAS II научной группой Регионального центра интегрированного мониторинга и экологических исследований Одесского национального университета имени И. И. Мечникова в 2016-2017 гг. **Методы.** Сбор первичных данных по прозрачности, температуре и солёности воды выполнялся стандартными методами. Обработка данных, расчет статистики, построение графиков и карт проводились с использованием программного обеспечения ArcGIS и Excel. **Результаты.** Представлены и проанализированы временные и пространственные распределения прозрачности, температуры и солёности прибрежных вод Одесского залива в районе морской гидробиологической станции университета в период с апреля 2016 г. по август 2017 г. По результатам анализа накопленной экспериментальной информации о прозрачности, температуре и солёности морской воды выявлены особенности сезонных изменений этих характеристик. Показано, что прозрачность морской воды была минимальной в мае и июне 2016 года (2,2-2,8 м), максимальные за весь период наблюдений значения прозрачности (7,0 м) регистрировались в мае 2017 г. В распределении температур морской воды в Одесском заливе в 2016-2017 гг. выявлен ярко выраженный сезонный ход, который определялся весенне-летним прогревом / осенне-зимним охлаждением, а также прибрежным апвеллингом, адвекцией водных масс из других районов моря. Показано, что при проведении ежедекадных наблюдений распресненные водные массы фиксировались в 13,5% случаев наблюдений, а при ежемесячных съемках на 13 станциях микрополигона - ни разу. Т.е. при проведении ежемесячных детальных съемок прибрежных вод Одесского залива все случаи адвекции распресненных вод остались незарегистрированными. **Выводы.** Установлено воздействие на сезонные циклы гидрологических характеристик вод Одесского залива в 2016-2017 гг. трансформированных водных масс, принесенных от Днепро-Бугского устья. Зафиксированы нарушения сезонности формирования термохалинной структуры вод в Одесском заливе в 2016-2017 гг. вследствие воздействия вдольберегового циклонического и компенсационных течений в прибрежной зоне залива. Прослежено формирование устойчивой двухслойной вертикальной плотностной стратификации прибрежных вод в Одесском заливе в весенне-летние периоды 2016-2017 гг.

**Ключевые слова:** Одесский залив, гидрологические характеристики, речной сток, течения

**Gazyetov Ye. I., Medinets V. I., Snigirov S. M., Konareva O. P., Snigirov P. M., Medinets S. V., Abakumov A. N., Pitsyk V. Z., Kovalova N. V., Soltys I. E.**

*Odessa National I.I. Mechnikov University, Odessa*

### STUDY OF MARINE WATERS HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS IN ODESSA BAY IN 2016-2017

**Purpose.** The results of pilot monitoring project carried out in Odessa Bay coastal waters in 2016-2017 by a research group of the Regional Center for Integrated Monitoring and Environmental Studies (Odessa National I.I. Mechnikov University) have been summarized. **Methods.** Primary data on transparency, temperature and salinity of marine water have been collected using standard methods. Data processing, calculation of statistics, producing of graphs and maps have been carried out using ArcGIS and Excel software. **Results.** Temporal and spatial distributions of transparency, temperature and salinity of marine coastal waters of Odessa Bay in the area of Marine Hydrobiological Station of the University for the period from April 2016 to August 2017 have been presented and analyzed. Using the results of analysis of the accumulated experimental data on transparency, temperature and salinity of seawater the peculiarities of those characteristics' seasonal changes have been revealed. It was demonstrated that marine water transparency was minimal in May and June 2016 (2.2-2.8 m); maximal transparency values for the entire period of observation (7.0 m) was registered in May 2017. A strongly

pronounced seasonal variation was revealed in the distribution of marine water temperature in Odessa Bay in 2016-2017, which was determined by spring-summer warming up / autumn-winter cooling down, as well as coastal upwelling, advection of water masses from other marine areas. It was shown that with observations performed every 10 days the desalinated water masses were registered in 13.5% of measurements but never found during monthly surveys at 13 of the micro-polygon. It means that during the detailed monthly surveys in Odessa Bay coastal waters all the cases of advection of desalinated water stayed unregistered. **Conclusions.** Impact of transformed water masses from the Dnieper-Bug mouth on seasonal cycles of hydrological characteristics in Odessa Bay in 2016-2017 has been established. Violations of the seasonality of thermohaline structure formation in Odessa Bay waters in 2016–2017 due to the longshore cyclonic and compensatory currents impact in the coastal zone have been recorded. Forming of stable two-layer vertical density stratification in Odessa Bay coastal waters at the spring and summer periods of 2016-2017 has been traced.

**Keywords:** Odessa Bay, water hydrological characteristics, river flow, currents

Газетов Є. І., Медінець В. І., Снігірьов С. М., Конарева О. П., Снігірьов П. М., Медінець С. В., Абакумов О. М., Піщик В. З., Ковальова Н. В., Солтис І. Є.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОРСЬКИХ ВОД В ОДЕСЬКІЙ ЗАТОЦІ У 2016-2017 РР.

**Мета.** Узагальнення результатів пілотного проекту моніторингу гідрологічних характеристик прибережних вод Одеської затоки, який виконувався в рамках міжнародного проекту EMBLAS II науковою групою Регіонального центру інтегрованого моніторингу та екологічних досліджень Одеського національного університету імені І. І. Мечникова в 2016-2017 рр. **Методи.** Збір первинних даних з прозорості, температури і солоності води виконувався стандартними методами. Обробка даних, розрахунок статистики, побудова графіків і карт проводилися з використанням програмного забезпечення ArcGIS і Excel. **Результати.** Представлені і проаналізовані часові та просторові розподіли прозорості, температури і солоності прибережних вод Одеської затоки в районі морської гідробіологічної станції університету в період з квітня 2016 по серпень 2017 р. За результатами аналізу накопиченої експериментальної інформації про прозорість, температуру і солоність морської води виявлені особливості сезонних змін цих характеристик. Показано, що прозорість морської води була мінімальною в травні та червні 2016 року (2,2-2,8 м), максимальні за весь період спостережень значення прозорості (7,0 м) реєструвались в травні 2017 р. В розподілі температур морської води в Одеській затоці в 2016-2017 рр. виявлено ярко виражений сезонний хід, що визначався весняно-літнім прогрівом / осінньо-зимовим охолодженням, а також прибережним апвелінгом, адвекцією водних мас з інших районів моря. Показано, що при проведенні щоденних спостережень розпріснені водні маси фіксувались в 13,5% випадків спостережень, а при щомісячних зйомках на 13 станціях мікрополігону – жодного разу. Тобто при проведенні щомісячних детальних зйомок прибережних вод Одеської затоки всі випадки адвекції розпріснених вод залишились незареєстрованими. **Висновки.** Встановлено вплив на сезонні цикли гідрологічних характеристик вод Одеської затоки в 2016-2017 рр. трансформованих водних мас, принесених від Дніпро-Бузького гирла. Зафіксовані порушення сезонності формування термохалінної структури вод в Одеській затоці в 2016-2017 рр. внаслідок впливу вздовж берегової циклонічної і компенсаційних течій в прибережній зоні затоки. Простежено формування стійкої двошарової вертикальної щільнісної стратифікації прибережних вод в Одеській затоці у весняно-літні періоди 2016-2017 рр.

**Ключові слова:** Одеська затока, гідрологічні характеристики, річковий стік, течії

#### Введение

Проведенные в прошлом и начале текущего столетия исследования северо-западной части Черного моря (СЗЧМ) [1, 2, 3, 4] показали, что гидрологический режим определяет особенности функционирования морских экосистем в этом регионе моря. В связи с экономическими проблемами в Украине в последние два десятилетия регулярный мониторинг гидрологических характеристик в СЗЧМ проводился лишь в прибрежных водах острова Змеиный (Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова (ОНУ имени И.И. Мечникова)) [5, 6]. Эпизодические наблюдения за гидро-

логическим режимом вод СЗЧМ и в Одесском заливе выполнялись Институтом морской биологии НАН Украины, ОНУ имени И.И. Мечникова и другими организациями [7, 8, 9].

Целью настоящего исследования является обобщение результатов пилотной программы интегрированного мониторинга, важной частью которой были регулярные наблюдения за гидрологическими характеристиками прибрежных вод Одесского залива, выполненные научной группой Регионального центра интегрированного мониторинга и экологических исследований ОНУ

имени И.И. Мечникова в 2016-2017 гг. при финансовой поддержке международного проекта «EMBLAS-II» [8].

Объектом исследования являются

### Район исследований

Наблюдения за гидрологическими характеристиками прибрежных вод выполнялись по сетке станций (рис. 1) в районе Одесского залива, прилегающем к морской гидробиологической станции (МГБС) ОНУ имени И.И. Мечникова: ежедекадно на станции MHBS-R (координаты: 46°26'36" с.ш., 30°46'29" в.д.; глубина до 3,1 м) в апреле-декабре 2016 г. и в феврале-июне 2017 г.; ежемесячно на микрополигоне из 13 станций с глубинами от 1,2 (MHBS-10) до 14,5 м (MHBS-09) 22, 26.04.2016, 01.06.2016, 02.07.2016, 21.07.2016, 29.08.2016, 22.09.2016, 03.11.2016, 26.05.2017, 29.06.2017 и 31.08.2017 г.

Анализ результатов батиметрических и легководолазных исследований ОНУ имени И.И. Мечникова в 2016-2017 гг. [10] показал, что рельеф морского дна в районе МГБС представляет собой материковый склон с достаточно монотонным пони-

прибрежные воды Одесского залива Черного моря. Предметом исследования - прозрачность, температура и соленость прибрежных вод Одесского залива в 2016-2017 гг.

ем от 0 до 15 м глубины с уклоном около 4,3 градуса на восток (рис. 2).

На основе эхолотных промеров [10] нами было установлено несколько подводных выступов - гряд, параллельных берегу и нарушающих эту монотонность, которые являются следствием периодически активизирующихся оползневых процессов в прибрежной зоне моря. Эти террасы просматриваются до 11-метровой изобаты, глубже которой монотонность рельефа дна уже ничем не нарушается. По результатам легководолазных обследований морского дна нами построена карта-схема пространственного расположения различных типов донных субстратов в районе исследований (рис. 2), которая послужила основой для выбора мест расположения станций отбора гидробиологических проб при составлении программы пилотного мониторинга в районе МГБС.

### Методы исследования

При проведении наблюдений за основными гидрологическими параметрами использовались стандартные методы. Относительная прозрачность воды измерялась диском Секки с точностью 0,1 м [11]. Температура и электропроводность воды измерялись портативным прибором Nach HQ 40d с датчиком CDC 40115 с точностью

$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  для температуры и  $0,01 \mu\text{S}/\text{cm}$  для электропроводности [12]. Соленость воды рассчитывалась в единицах PSU из электропроводности по формулам ЮНЕСКО [13]. При построении карт и проведении статистического анализа использовались программные средства ArcGIS и Excel.

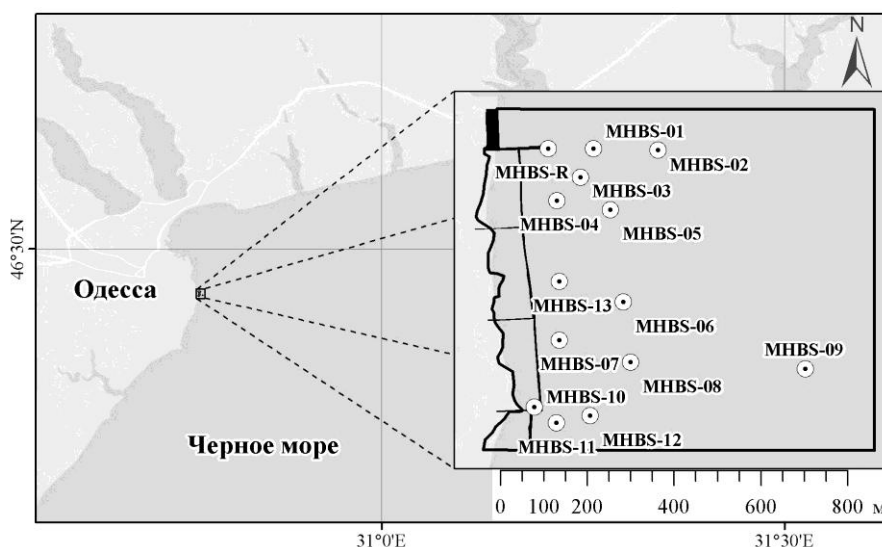


Рис. 1 – Расположение станций наблюдений за гидрологическими характеристиками прибрежных вод Одесского залива в районе МГБС в 2016-2017 гг.

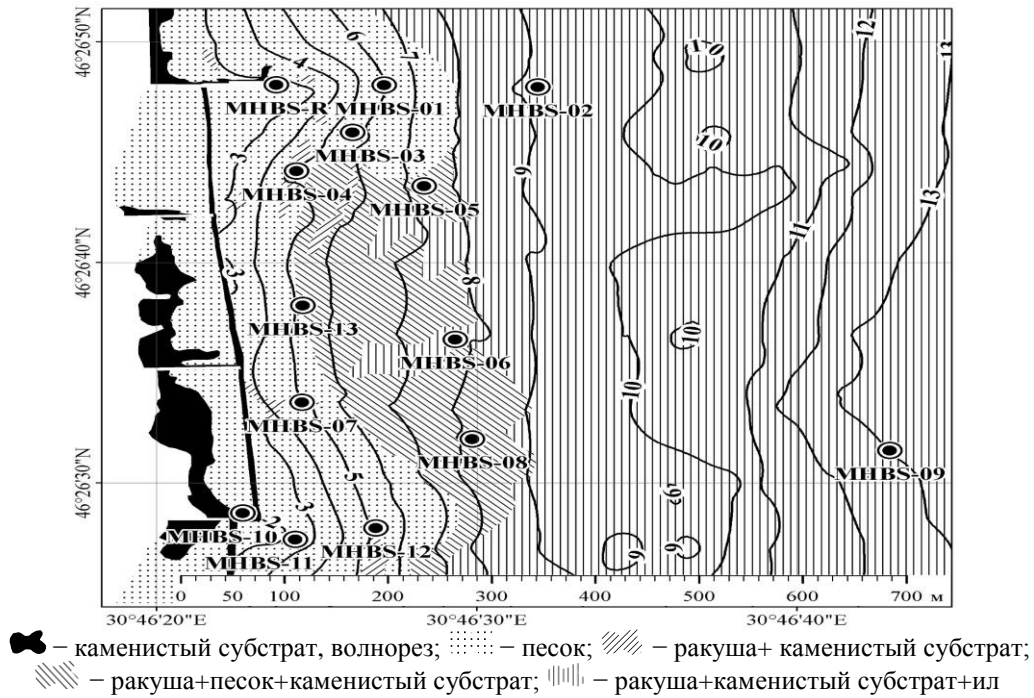


Рис. 2 – Карта глубин (м) [10] и основных типов донных субстратов в районе полигона МГБС ОНУ имени И.И. Мечникова

### Результаты исследований и их обсуждение

Анализ результатов определения прозрачности, температуры и солености морской воды на различных глубинах на станции МНБС-Р и 13-ти станциях в Одесском заливе для периода с апреля 2016 г. по август 2017 г. показал следующее.

Прозрачность морской воды на станциях в Одесском заливе в 2016-2017 гг. (рис. 3) изменялась в пределах от 2,3 м (26.04.2016 г. на станциях МНБС-06, МНБС-08, МНБС-12) до 7,0 м (26.05.2017 г. на станции МНБС-09).

Для 2016 г. был характерен сезонный ход прозрачности морской воды с минимальными значениями 2,2-2,8 м и 3,2-3,5 м (май и июнь соответственно) и максимальными: 6,0 м (апрель и август) и 6,5 м (ноябрь). Максимальные значения прозрачности за весь период наблюдений (7,0 м) были зафиксированы нами в конце мая 2017 г. Значительный разброс значений прозрачности на разных станциях полигона МГБС (рис. 3) можно объяснить различным содержанием взвеси в зависимости от глубины и расстоянием от берега станций наблюдений. При этом необходимо учитывать, что берег является также источником поступлений стоков изливной канализации г. Одесса, один из выходов которой находится практически в центре береговой линии микрополи-

гона вблизи станции МНБС-13 (рис.2).

Анализ ежедневно измерений температуры морской воды на станции МНБС-Р в 2016-2017 гг. выявил четко выраженный сезонный ход (рис. 4) с вариациями в поверхностном и в придонном (глубина - 3,1 м) слоях от 1,4°C (28.02.2017 г.) до 26,5°C (29.06.2016 и 20.07.2016 г.).

В период с 21.12.2016 г. по 27.02.2017 г. наблюдения на станции МНБС-Р нами не проводились по метеорологическим условиям. Резкие понижения температуры воды (рис. 4) были зафиксированы 20.05.2016 г., 10.06.2016 г. и 11.07.2016 г. и 30.03.2017 г., когда в Одесский залив поступали холодные придонные воды в результате апвеллинга, который возникает в прибрежных районах СЗЧМ при продолжительных ветрах юго-западного и южного секторов [14, 15] либо вследствие компенсационных придонных течений [9].

Сравнение полученных нами экспериментальных данных в 2016-2017 гг. со средними многолетними за 1915-2011 гг. данными для этого района моря [4] показало, что в 2016-2017 гг. среднемесячные значения температуры поверхностного слоя воды на полигоне МГБС были выше, чем их средне-многолетние значения для периода 1915-

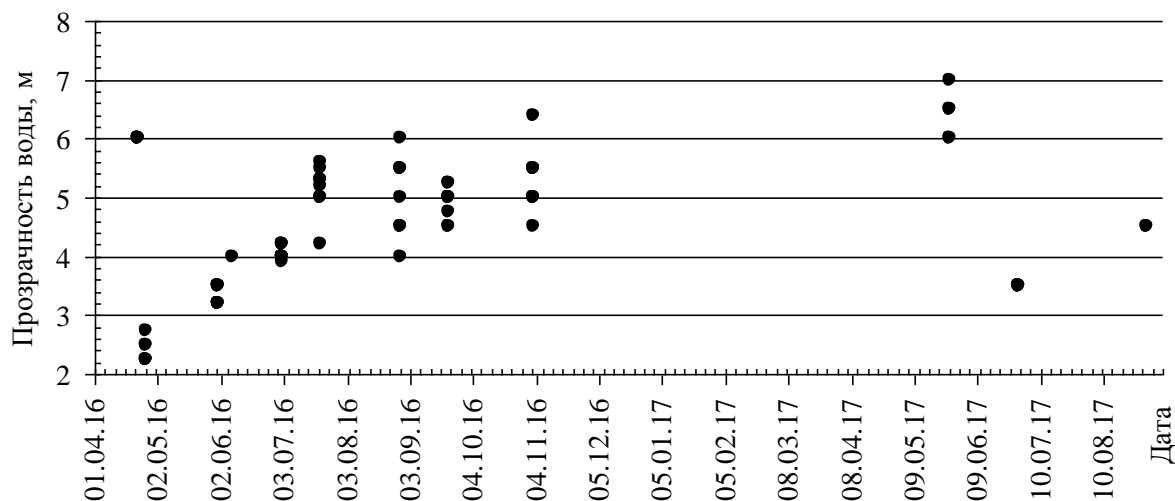


Рис. 3 – Прозрачность вод Одесского залива на станциях полигона МГБС в 2016-2017 гг.

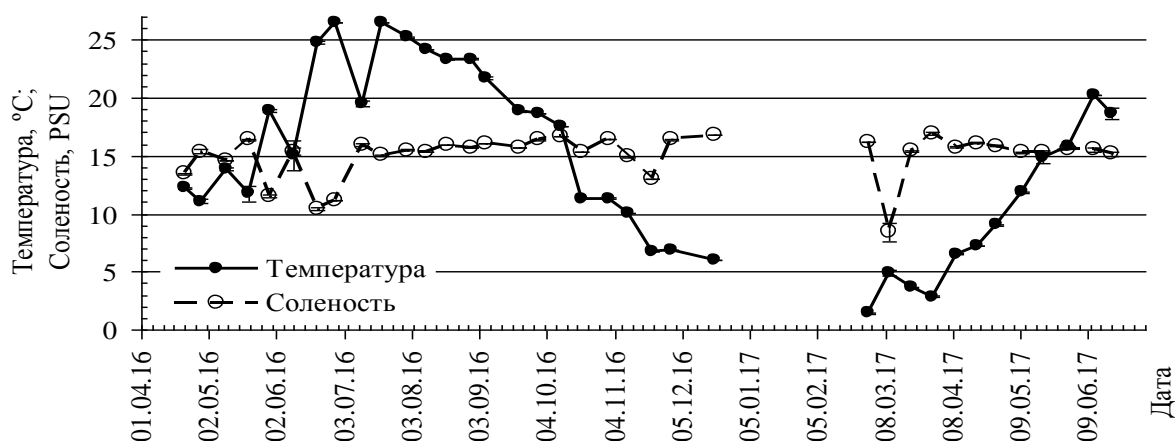


Рис. 4 – Средние для слоя воды (0,0-3,1 м) значения температуры и солености на станции MHBS-R в 2016-2017 гг.

2011 гг. в феврале и октябре на 0,3-0,4°C и на 3,4°C – в апреле и июле.

Анализ вертикального распределения температуры воды по результатам ежемесячных съемок в 2016-2017 гг. в водах Одесского залива (рис. 5-9) показал следующее. Во время первой съемки на полигоне МГБС 22, 26.04.2016 г. (рис. 5, левый) было зафиксировано начало процесса сезонного прогрева воды в прибрежной части моря до глубины 8 м с разницей температур поверхностного и придонного слоев в 3,3°C. 1 июня 2016 г. (рис. 5, правый) поверхностный слой воды прогрелся до 21 °C, хотя глубина прогрева увеличилась всего лишь на один метр. Разница температур поверхностного и придонного слоев воды составила уже 12,8°C. При этом следует отметить, что температура придонного слоя изменилась незначительно

по сравнению с апрелем.

2 июля 2016 г. (рис. 6, левый) поверхностный слой воды прогрелся до 26,5 °C. При этом разница температур поверхностного и придонного слоев воды составила 14,3°C и была максимальной для всего ряда наших наблюдений в 2016-2017 гг. При этом слой воды 0-6 м был однороден по температуре (около 26 °C), а резкое уменьшение температуры начиналось с глубины 6 м и достигало величины 12,3°C на глубине 12 м.

21 июля 2016 г. (рис. 6, правый) температуры и поверхностного и придонного слоя вод уменьшилась до 21,1 и 11,0 °C соответственно. При этом разница температур уменьшилась и составила уже 10,1°C, а слой термоклины наблюдался на глубинах 1-3 м.

29 августа 2016 г. (рис. 7, левый) температура водной толщи с глубинами от 0 до

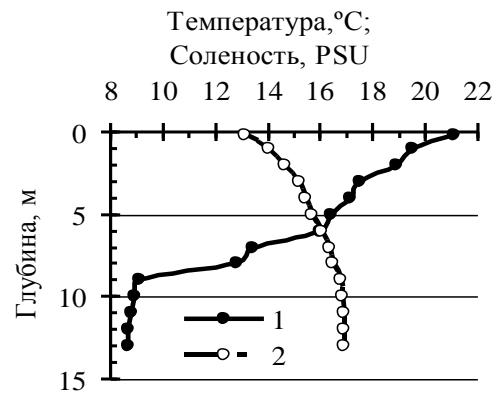
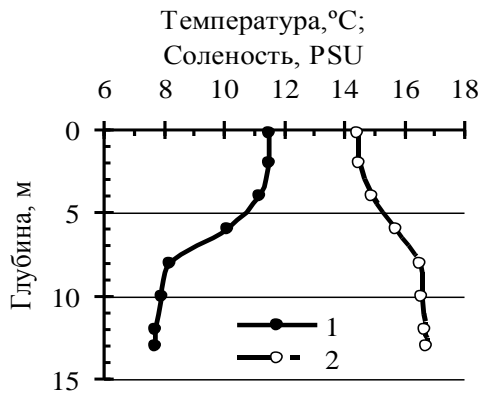


Рис. 5 – Вертикальное распределение температуры (1) и солёности (2) воды на станции MHBS-09 22, 26.04.2016 г. (слева) и 01.06.2016 г. (справа)

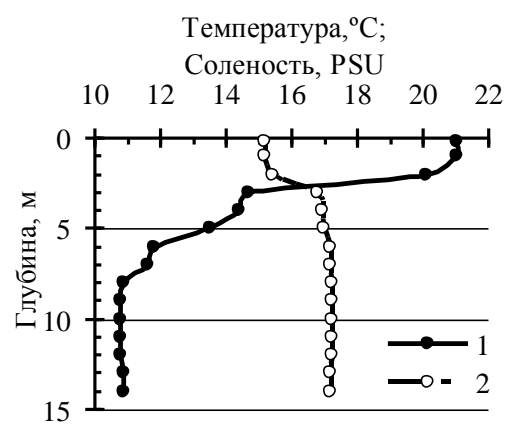
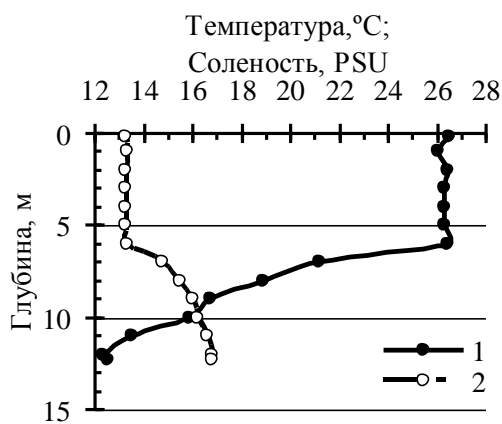


Рис. 6 – Вертикальное распределение температуры (1) и солёности (2) воды на станции MHBS-09 02.07.2016 г. (слева) и 21.07.2016 г. (справа)

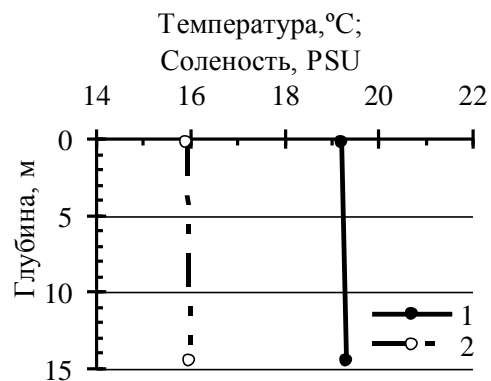
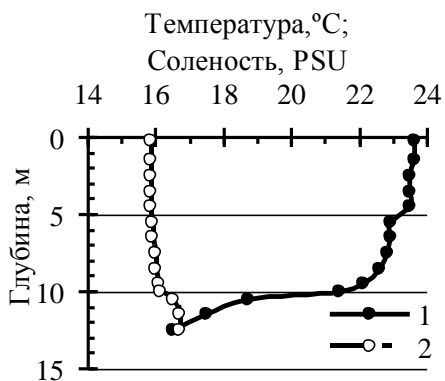


Рис. 7 – Вертикальное распределение температуры (1) и солёности (2) воды на станции MHBS-09 29.08.2016 г. (слева) и 22.09.2016 г. (справа)

8-9 м прогрелась до температуры 20,5-23 °C, а температура придонного слоя повысилась до 16,5°C, т.е. разница температур в слое от 9 м до 12,5 м уменьшилась, по сравнению с июлем, до 6,9°C.

22 сентября 2016 г. (рис. 7, правый) температуры поверхностного и придонного слоев воды снизились до 19,0-19,2 °C и вод-

ная масса стала однородной по температуре. Начавшиеся в сентябре процессы выхолаживания морских вод вследствие взаимодействия с более холодной атмосферой продолжали снижать температуру морских вод, которая в ноябре 2016 г. достигла величин 11,5 и 12,0 °C в поверхностном и придонном слое соответственно.

В 2017 г. сезонность в смене температурных характеристик воды в прибрежной части моря на полигоне МГБС в значительной степени повторилась.

26 мая 2017 г. (рис. 8, правый) темпе-

ратура поверхностного слоя воды составляла 15,3°C, и вследствие весеннего прогрева, была на 7,0 °C выше, чем в придонном слое.

29 июня 2017 г. (рис. 9, левый) вследствие прогрева поверхностного слоя воды

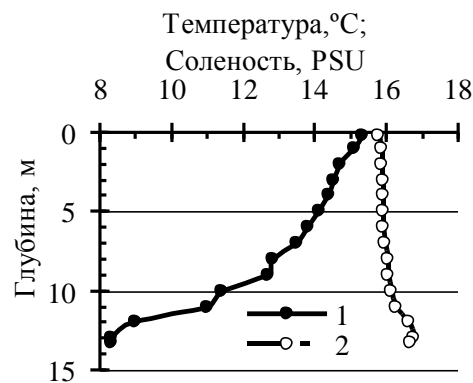
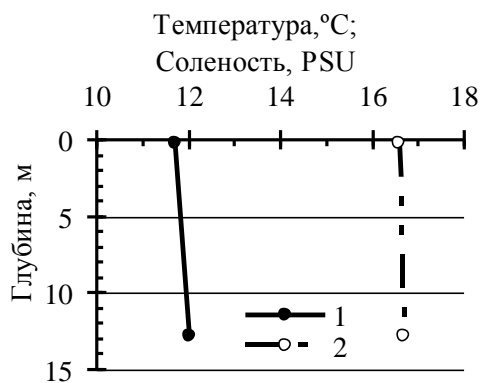


Рис. 8 – Вертикальное распределение температуры (1) и солёности (2) на станции МНБС-09 03.11.2016 г. (слева) и 26.05.2017 г. (справа)

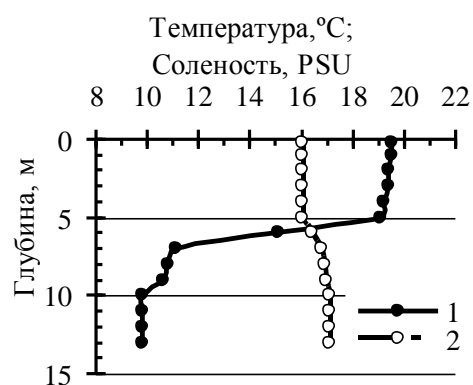
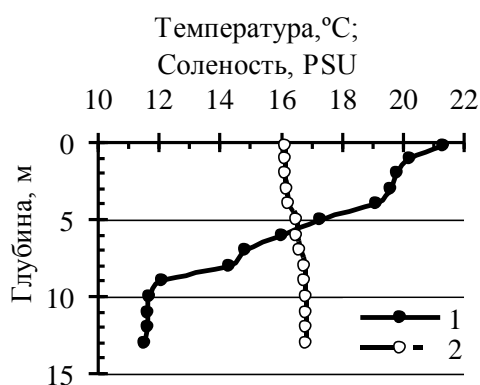


Рис. 9 – Вертикальное распределение температуры (1) и солёности (2) на станции МНБС-09 29.06.2017 г. (слева) и 31.08.2017 г. (справа)

его температура составляла 21,3°C и уменьшалась монотонно до величины 19,1 °C на глубине 4 м, и затем до глубины 9 м наблюдалось более быстрое снижение температуры до 12,1°C, а затем температура до глубины 13 м оставалась практически неизменной 11,5 – 11,7 °C.

31 августа 2017 г. (рис. 9, правый), в отличие от августа 2016 г. (рис. 7, левый) в вертикальном распределении температуры наблюдался ярко выраженный термоклин на глубинах 5-7 м, между однородными слоями 0-5 м и 7-13 м, в которых температура изменялась в пределах 18,7-19,5 °C и 9,8-11,1°C соответственно.

По экспериментальным данным изменений температуры на разных глубинах на всех станциях микрополигона МГБС (рис. 2) нами были построены временные распре-

ления температуры водных слоев (рис.10), анализ которых показал, что наибольшие вариации в толще воды от поверхности до дна наблюдались в весенне-летний период года, а начиная с сентября весь исследованный слой воды становился однородным по температуре.

К сожалению, из-за погодных условий мы не смогли провести наблюдения в период с декабря по апрель, но можно предположить, что вследствие хорошего перемешивания воды в периоды зимней штормовой погоды температура всего водного слоя от поверхности до дна была практически одинаковой, и весной следующего года опять начинался сезонный прогрев вод Одесского залива, который достигал своего максимума в период июнь-август.

Таким образом, можно сделать вывод о

том, что температурный режим прибрежных вод на полигоне МГБС в Одесском заливе в 2016-2017 гг. характеризовался ярко выраженной сезонностью, вызванной взаимодействием с атмосферой (весенне-летний прогрев / осенне-зимнее охлаждение) [16], а также адвекцией и прибрежным апвеллингом. Результаты наших наблюдений соответству-

ют литературным данными о том, что температурный режим прибрежных вод Черного моря определяется радиационным балансом и процессами тепло- и энергообмена поверхностных слоев воды с атмосферой, а также прибрежной сгонно-нагонной циркуляцией и турбулентным перемешиванием [4].

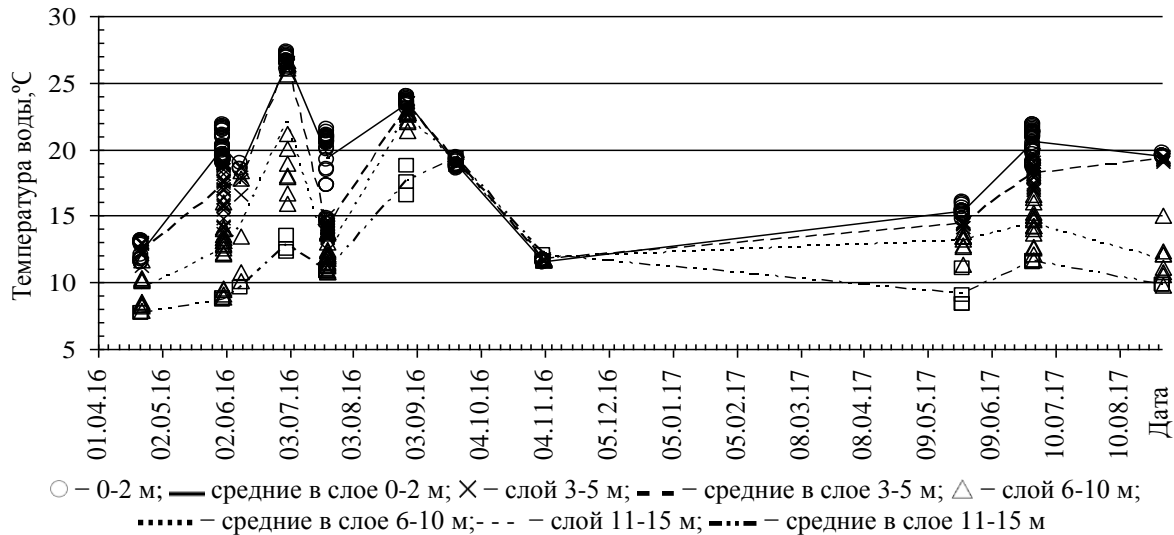


Рис. 10 – Результаты измерений и средние значения температуры воды на полигоне МГБС в 2016-2017 гг. в разных слоях воды

Анализ результатов еженедельных наблюдений солёности прибрежных вод на станции МНБС-Р в 2016-2017 гг. (рис.4) показал, что значения солёности изменялись в пределах: от 7,82 PSU (10.03.2017 г., поверхностный слой воды) и до 17,03 PSU (30.03.2017 г., придонный слой) при средних значениях для поверхностного и придонного слоя воды  $14,99 \pm 0,33$  и  $15,14 \pm 0,31$  PSU соответственно. В распределении солёности в период наблюдений 2016-2017 гг. сезонный ход не прослеживался, однако 30 мая, 21, 29 июня, 21 ноября 2016 г. и 10 марта 2017 г. наблюдались резкие снижения значений солёности в поверхностном/придонном слоях воды до величин 11,47/11,63; 10,35/10,52; 11,19/11,18; 13,06/13,06; 7,60/9,23 PSU - соответственно. Эти явления, по нашему мнению, могли быть вызваны адвекцией в Одесский залив распреснённых водных масс от Днепро-Бугского приустьевых района, которое наблюдалось ранее другими исследователями [1, 3, 4] и объясняются доминированием в СЗЧМ стокового течения от рек Днепр и Южный Буг а также термохалинной циркуляцией циклонического типа, вызывающих у западного берега СЗЧМ до изобаты 10 м южный вдольбереговой перенос вод [7, 9]. При этом следует отметить, что реги-

страция распреснённых водных масс в Одесском заливе всего лишь 5 раз в течение периода наших наблюдений свидетельствует об эпизодической смене свойств водных морских масс, которые определяют качество морских вод в важном рекреационном районе и должна быть использована для планирования исследований качества воды и состояния гидробионтов в эти периоды.

Анализ вертикального распределения солёности (от поверхности до глубины 14,5 м) по результатам ежемесячных съёмок на полигоне МГБС показал следующее (рис. 5-9).

Во время первой съёмки на полигоне МГБС 22, 26.04.2016 г. (рис. 5, левый) наблюдалось синхронное повышение солёности воды от 14,50 до 17,00 PSU с понижением температуры с глубиной. Слой скачка солёности с 14,90 до 16,50 PSU наблюдался на глубинах 4-8 м и совпадал со слоем скачка температуры. 1 июня 2016 г. (рис. 5, правый) солёность поверхностного слоя воды уменьшилась до 13,12 PSU и далее с глубиной она монотонно возрастала до 16,91 PSU на глубине 13 м.

2 июля 2016 г. (рис. 6, левый) одновременно с ярко выраженным скачком температуры, когда разница температур поверхностного (0-6 м) и придонного слоев



воды достигала 14,3°C и была максимальной для всего ряда наших наблюдений в 2016-2017 гг., в вертикальном распределении солености в слое от поверхности до 6 м наблюдалась практически неизменная соленость (около 13,6 PSU), а затем - значения солености возрастали от 13,29 до 16,79 PSU на глубинах 6 м и 12 м соответственно.

21 июля 2016 г. (рис. 6, правый) соленость поверхностного слоя воды возросла до 15,43 PSU, при этом соленость придонного слоя вод 16,79 PSU осталась неизменной. Глубины скачка солености и температуры сместились до 1-3 м, в котором соленость увеличивалась с 15,43 до 16,79 PSU.

29 августа 2016 г. (рис. 7, левый) соленость воды в слое от поверхности до глубины 8-9 м была практически постоянной и менялась от 15,78 до 16,00 PSU. На глубинах резкого снижения температуры (9-11,5 м) соленость незначительно возросла до 16,68 PSU.

22 сентября 2016 г. (рис. 7, правый) соленость поверхностного и придонного слоев воды была практически одинаковой 15,83-15,84 PSU, т.е. водная масса стала однородной по солености и по температуре.

3 ноября 2016 г. (рис. 8, левый) соленость поверхностного и придонного слоя воды незначительно увеличилась, изменяясь в пределах от 16,47 до 16,59 PSU соответ-

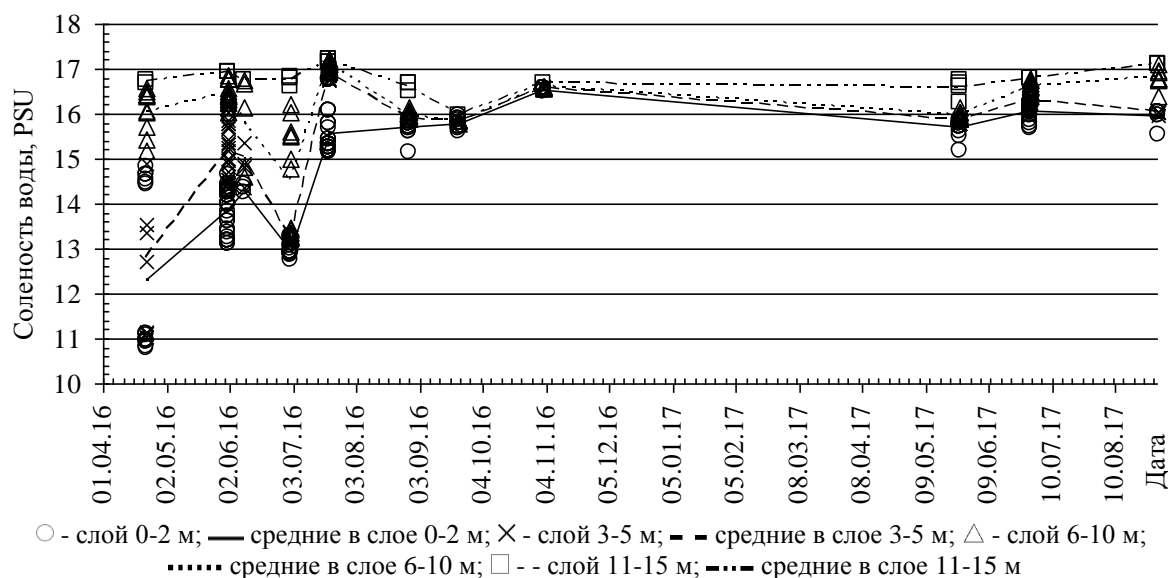
ственно.

26 мая 2017 г. (рис. 8, правый) распределение значений солености по глубине, несмотря на уже начавшийся весенний прогрев водной массы, оставалось практически однородным. При этом соленость изменялась в пределах от 15,71 до 16,65 PSU в поверхностном и придонном слоях воды соответственно.

29 июня 2017 г. (рис. 9, левый) соленость в толще воды от поверхности до дна продолжала быть однородной (16,06-16,71 PSU), что может свидетельствовать о том, что водная масса в Одесском заливе в течение месяца не менялась.

31 августа 2017 г. (рис. 9, правый), однородность распределения солености по глубине (15,94 PSU в поверхностном слое и 17,01 PSU – в придонном слое) незначительно нарушилась в слое термоклина (5-7 м), в котором она возрастала от 16,024 до 16,795 PSU.

По экспериментальным данным измерений солености на всех станциях микрополигона МГБС (рис. 2) нами были построены временные распределения солености водных слоев (рис. 11), анализ которых выявил сезонную периодичность вариаций величин солености в разных слоях водной толщи микрополигона.



**Рис. 11** – Результаты измерений солености воды на полигоне МГБС в 2016-2017 гг. на разных глубинах и средние значения солености в разных слоях воды

Максимальные вариации солености наблюдались в весенне-летний период (22 и 26.04.2016 г., 01.06.2016 г., 02.07.2016 г. и 21.07.2016 г.), когда, по-нашему мнению, в район МГБС поступали распресненные вод-

ные массы от приустьевых участков СЗЧМ. Начиная с сентября, разброс значений солености по станциям и по слоям водной толщи уменьшался и достигал минимума в ноябре. Сравнение вариаций солености весной 2016

и 20187 г. показал, что в 2017 году водные массы на микрополигоне более однородными, чем в 2016 г. При этом в августе 2017 г. на глубинах 5-7 м наряду с сильно выраженным термоклином наблюдался также незначительный галоклин с вертикальным градиентом солености – 1 PSU/м, что свидетельствовало об установлении устойчивой двухслойной вертикальной стратификации вод, вызвавшей наблюдавшиеся, по нашим неопубликованным данным, гипоксические явления на глубинах более 8 м.

Особый интерес представляют сравнение результатов ежелеканных (рис. 4) и ежемесечных (рис. 10 и 11) наблюдений, которое показало, что при проведении ежелеканных наблюдений адвекция распресненных водных масс была зафиксирована в 13,5% случаев наблюдений (5 из 37), а при ежемесечных на 13 станциях микрополигона - ни разу. Т.е. при проведении ежемесечных детальных съемок прибрежных вод Одесского залива все случаи адвекции распресненных вод остались незарегистрированными. Это позволяет сделать вывод о том, что для фиксации всех случаев адвекции распресненных водных масс в район исследований и проведения контроля за качеством и загрязнением таких водных

масс необходимо проводить ежедневные измерения солености, по результатам которых исследователи должны принимать решение о выполнении полной программы наблюдений на микрополигоне для получения объективной информации о качестве прибрежных вод, особенно в период рекреационного сезона (с мая по сентябрь). Такой вывод диктует необходимость пересмотра стратегии и программы мониторинга прибрежных вод.

Исследования [18,19], проведенные научной группой ОНУ имени И.И. Мечникова в 2016-2017 гг. на полигоне МГБС, показали базовую роль гидрологических характеристик прибрежных вод в формировании качества морских вод и развития фитопланктонного сообщества. Особый интерес для дальнейшего понимания процессов формирования пространственного и временного распределения солености, температуры и прозрачности прибрежных вод Одесского залива представляют исследования влияния ветрового и термического взаимодействий приводной атмосферы с морской поверхностью, которые необходимо планировать и проводить в дальнейшем.

### **Выводы**

Исследование гидрологических характеристик прибрежных вод Одесского залива в районе морской гидробиологической станции ОНУ имени И.И. Мечникова в 2016-2017 гг. позволило выявить сезонные особенности их распределения на полигоне МГБС, которые характеризовались следующим образом.

Прозрачность морской воды была минимальной в мае и июне 2016 года и составляла 2,2-2,8 м и затем нарастала до значений 6,5 м в ноябре 2016 года. Максимальные за весь период наблюдений значения прозрачности наблюдались в мае 2017 г. и достигали величины 7,0 м.

Распределение температур морской воды в Одесском заливе в 2016-2017 гг., которые изменялись от 1,4°C до 26,5°C, характеризовалось ярко выраженным сезонным ходом, который определялся весенне-летним прогревом / осенне-зимним охлаждением, а также прибрежным апвеллингом, адвекцией водных масс из других районов моря и другими процессами, прежде всего

сезонными изменениями радиационного баланса и процессами тепло- и энергообмена поверхностных слоев воды с атмосферой.

Сравнение наших экспериментальных данных 2016-2017 гг. со средними многолетними за 1915-2011 гг. для этого района моря показало, что в 2016-2017 гг. среднемесячные значения температуры поверхностного слоя воды на полигоне МГБС были выше, чем их среднемноголетние значения для периода 1915-2011 гг. октябре на 0,3-0,4°C в феврале и на 3,4°C - в апреле и июле.

Исследования солености прибрежных вод в Одесском заливе показали, что соленость изменялась в пределах от 7,82 PSU до 17,03 PSU, придонный слой) при средних значениях для поверхностного и придонного слоя воды 14,99±0,33 и 15,14±0,31 PSU соответственно. При этом максимальные вариации значений солености наблюдались в весенне-летние периоды года, а минимальные - в ноябре. Показано, что при проведении ежелеканных наблюдений адвекция распресненных водных масс была зафиксирова-

на в 13,5% случаев наблюдений ( 5 из 37), а при ежемесечных на 13 станциях микрополигона - ни разу. Т.е. при проведении ежемесечных детальных съемок прибрежных вод Одесского залива все случаи адвекции распресненных вод остались незарегистрированными.

Анализ данных о вертикальном распределении температуры и солености в водной толще позволил выявить некоторые особенности формирования устойчивой двухслойной вертикальной стратификации вод в весенне-летний период в прибрежных водах Одесского залива. Для полного понимания этих процессов в дальнейшем необходимо провести более детальные дополнительные исследования по влиянию полей ветра в районе МГБС на формирование температурно-соленостного режима прибрежных вод.

Предлагается также пересмотреть стратегию и программу мониторинга прибрежных вод, так как для фиксации всех случаев адвекции распресненных водных

масс в район исследований и проведения контроля за качеством и загрязнением таких водных масс целесообразно проводить ежедневные измерения солености на одной из станций наблюдений, по результатам которых исследователи должны принимать решение о сроках выполнении полной программы наблюдений на микрополигоне для получения объективной информации о качестве распресненных прибрежных вод, особенно в период рекреационного сезона (с мая по сентябрь).

Настоящая работа подготовлена в рамках научного проекта 2017-2019 гг. «Провести морские экосистемные исследования и разработать научную основу для внедрения директивы ЕС по морской стратегии» по заказу Министерства образования и науки Украины с использованием результатов полевых исследований в Одесском заливе 2016-2017 гг., которые финансировались международным (EU-UNDP) проектом EMBLAS-II.

### Литература

1. Большаков В. С. Трансформация речных вод в Черном море. Киев: Наук. думка, 1970. 328 с.
2. Ильин Ю. П., Лемешко Е. М., Станичный С. В. Изменение гидрологической структуры вод под действием ветра на придунайском шельфе Чёрного моря по данным полигонных и спутниковых наблюдений. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа* : сб. науч. тр. Севастополь, 1999. С. 91–110.
3. Ильин Ю. П. Гидрологический режим распространения речных вод в северо-западной части Черного моря. *Научные труды УкрНИИГМИ*, 2006. Вып.255. С. 242-251.
4. Ильин Ю. П. и др. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2: Черное море. Севастополь: УкрНИИГМИ, 2012. 421 с.
5. Сминтина В. А. та ін. Острів Зміїний: екосистема прибережних вод: монографія. Одеса: Астропринт, 2008. 228 с.
6. Газетов Е. И., Мединец В. И. Исследование изменчивости основных физико-химических характеристик прибрежных морских вод у о. Змеиный в 2004-2014 гг. *Вестник ОНУ имени И.И. Мечникова*, 2016. Т. 21, Вып. 2(29). С. 24-45.
7. Ю. П. Зайцев и др. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. Киев: Наукова думка, 2006. 701 с.
8. Поліпшення моніторингу довкілля Чорного моря, фаза 2 - EMBLAS-II: Проект UNDP- EU, 2015-2018. URL: <http://www.emblasproject.org>
9. Доценко С. А., Адобовский В. В., Никаноров В. А. Динамика вод в прибрежной зоне одесского региона северо-западной части Черного моря. *Український гідрометеорологічний журнал*, 2013. № 13. С. 245-249.
10. Козлова Т. В. и др. Морфоструктурные особенности абразионно-оползневой бечки одесского побережья Черного моря. *Вестник ОНУ имени И.И. Мечникова*, 2017. Т. 22, Вып. 2. С. 159-171.
11. Руководство по гидрологическим работам в морях и океанах. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 725 с.
12. Руководство пользователя портативного прибора HQ 40d (Hach). 28 с.
13. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. *Tech. Pap. Mar. Sci. Unesco*, 1981. № 37. 145 p.
14. Иванов В. А., Михайлова Э. Н., Шапиро Н. Б. Моделирование ветровых апвеллингов в окрестностях локальных особенностей рельефа дна на северо-западном шельфе Черного моря. *Морской гидрофизический журнал*, 2008. № 3. С. 68 – 80.
15. Полонский А. Б., Музылева М. А. Современная пространственно-временная изменчивость апвеллинга в

- северо-западной части Черного моря и у побережья Крыма. *Известия РАН. Серия Географическая*, 2016. № 4. С. 96–108.
16. Иванов В. А., Белокопытов В. Н. Океанография Черного моря. Севастополь: Морской гидрофизический институт, 2011. 212 с.
17. Виноградова Л. А., Василева В. Н. Многолетняя динамика и моделирование состояния экосистемы прибрежных вод северо-западной части Черного моря. Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 1992. 107 с.
18. Ковальова Н.В., Медінець В.І., Мілева А.П., Ботнар М.Г., Снігірьов С.М., Газетов Є. І., Медінець С.М. Порівняльна оцінка якості прибережних морських вод Одеської затоки і району острову Зміїний в 2016 р. *Вісник ХНУ ім. В.Н.Каразіна, Серія: «Екологія»*, 2017. Вип. 16. С. 132-140.
19. Дерезюк Н.В., Медінець В.І., Газетов Є.І., Люмкіс П.В. Дослідження фітопланктону Одеської затоки в 2016-2017 рр. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія»*, 2018. Вип. 18. С. 1 - 20.

### **References**

1. Bolshakov, V.S. (1970) Transformatsiya rechnykh vod v Chernom more [Transformation of river waters in the Black Sea]. Kiev: Naukova dumka, 328 [In Russian].
2. Piyin, Yu.P., Lemeshko, E.M., Stanichnyi, S.V. (1999) Izmenenie gidrologicheskoy struktury vod pod deystviem vetra na pridunayskom shelfe Chernogo morya po dannym poligonnykh i sputnikovykh nablyudeniya [The change in water hydrological structure under wind influence at the Danube shelf of the Black Sea according to the polygon and satellite observations]. Sevastopol, 91-110 [In Russian].
3. Piyin, Yu.P. (2006) Gidrologicheskiy rezhim rasprostraneniya rechnykh vod v severo-zapadnoy chasti Chernogo morya [Hydrological regime of river water distribution in the northwestern part of the Black Sea]. Sevastopol: UkrNIGMI, (255), 242-251 [In Russian].
4. Piyin, Yu.P., Repetin, L.N., Belokopytov, V.N., Goryachkin, Yu.N., Dyakov, N.N., Cubryakov, A.A., Stanichnyi, S.V. (2012) Gidrometeorologicheskie usloviya morey Ukrainy. Tom 2: Chernoe more [Hydrometeorological conditions of the seas of Ukraine. Volume 2: The Black Sea]. Sevastopol: UkrNIGMI, 421 [In Russian].
5. Smyntyna, V.A., Medinets, V.I., Suchkov, I.O. et.al. (2008) Ostriv Zmiinyi: Ecosystema pryberezhnykh vod : Monografiya. [Zmiinyi Island: Ecosystem of coastal waters: Monograph]. Odessa, Astroprint, 228. ISBN 978-966-190-149-9 [In Ukrainian].
6. Gazyetov, Ye.I., Medinets, V.I. (2016) Issledovanie izmenchivosti osnovnykh fiziko-khimicheskikh kharakteristik pribrezhnykh morskikh vod u o. Zmeinyy v 2004-2013 gg. [Investigation of the basic physico-chemical characteristics variability in the Zmiinyi coastal sea waters in 2004-2013]. Herald of Odessa National I.I. Mechnikov University. Series: geography and geology, 21(2(29)), 24-45 [In Russian].
7. Zaytsev, Yu. P., Aleksandrov, B.G., Minicheva, G.G. and oth. (2006) Severo-zapadnaya chast Chernogo morya: biologiya i ekologiya [North-Western part of the Black Sea: biology and ecology]. Kiev: Naukova dumka, 701 [In Russian].
8. UNDP-EU Project «Polipshenya monirovaniya dovkillya Chornogo morya. Faza 2 – EMBLAS-II» (2015-2018) [UNDP-EU Project «Improvement of environmental monitoring in the Black Sea, Phase 2 - EMBLAS-II»]. Available at: <http://www.emblasproject.org> [in English].
9. Dotsenko, S. A., Adobovskiy, V. V., Nikanorov, V. A. (2013) Dinamika vod v pribrezhnoy zone odesskogo regiona severo-zapadnoy chasti Chernogo morya [Water dynamics in the Odessa region coastal zone of the northwestern part of the Black Sea]. Ukrainian Hydrometeorological Journal, 13, 245-249 [In Russian].
10. Kozlova, T. V., Cherkez, E. A., Botnar, M. G., Gazyetov, Ye. I., Snigirev, S. M. (2017) Morfostrukturniyе osobennosti abraziionno-opolznevogо benchа odesskogo poberezhya Chernogo morya [Morphostructural features of the abrasion-landslide bench of the Odessa Black Sea coast]. *Herald of Odessa National I.I. Mechnikov University. Series: geography and geology*, 22(2), 159-171 [In Russian].
11. Rukovodstvo po gidrologicheskim rabotam v moryakh i okeanakh (1977) [Guidelines for hydrological work in the seas and oceans]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 725 [In Russian].
12. HACH LANGE (2006) The user manual of portable device HQ 40d (Hach), 28 [in English].
13. UNESCO (1981). Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978. Tech. Pap. Mar. Sci., (37), 145 [in English].
14. Ivanov, V.A., Mihaylova, E.N., Shapiro, N.B. (2008) Modelirovaniye vetrovykh apvellinov v okrestnostyakh lokalnykh osobennostey relefa dna na severo-zapadnom shelfe Chernogo morya [Wind upwelling modelling in the vicinity of local features of the sea bottom relief on the North-Western shelf of the Black Sea]. Marine Hydrophysical Journal, (3), 68-80 [In Russian].
15. Polonskii, A & Muzyleva, M.A. (2016) Sovremennaya prostranstvenno-vremennaya izmenchivost apvellinga v severo-zapadnoy chasti Chernogo morya i u poberezhya Kryima [Modern spatial-temporal variability of upwelling in the North-Western Black Sea and off the Crimea Coast]. Bulletin of the Russian Academy of Sciences, Geographical Series, (4), 96-108 [In Russian].

16. Ivanov, V.A., Belokopyitov, V.N. (2011) Okeanografiya Chernogo morya [Oceanography of the Black Sea]. Sevastopol: Gidrometeoizdat, 212 [In Russian].
17. Vinogradova, L.A., Vasileva, V.N. (1992) Mnogoletnyaya dinamika i modelirovanie sostoyaniya ekosistemy pribrezhnykh vod severo-zapadnoy chasti Chernogo morya [Long-term dynamics and modeling of the coastal waters ecosystem state in the Northwestern part of the Black Sea], St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 107 [In Russian].
18. Kovalova, N.V., Medinets, V.I., Mileva, A.P., Botnar, M.G., Snigirov, S.M., Gazyetov, Ye.I., Medinets, S.V. (2017). Porivnyalna otsinka yakosti prybrezhnykh morskykh vod Odeskoyi zatoky i raionu ostrivu Zmiinyi v 2016 r. [Comparative characteristics of marine coastal waters in Odesa bay and the Zmiinyi Island area in 2016]. *Visnyk of V.N.Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, (16), 132-140 [In Ukrainian].
19. Derezyuk, N.V., Medinets, V.I., Gazyetov, Ye.I., Lyumkis, P.V. (2018) Doslidzhennya fitoplanktonu Odeskoyi zatoky v 2016-2017 rr. [Study of Phytoplankton in Odesa Bay in 2016-2017]. *Visnyk of V.N.Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, (18), 1-20 [In Ukrainian].

Надійшла до редколегії 01.11.2018