

УДК 551.464

DOI: 10.23885/2500-0640-2017-13-1-126-130

СОДЕРЖАНИЕ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ВОДАХ АЗОВСКОГО МОРЯ В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2015 г.

© 2017 г. В.С. Герасюк¹

Аннотация. Представлены результаты исследования содержания растворенного кислорода в водах Азовского моря в осенне-зимний период 2015 г. Отмечено сходство полученных результатов с данными наблюдений в маловодный период 1957–1960 гг. Ситуация с насыщением придонного слоя растворенным кислородом была более благоприятной в 2015 г.

Ключевые слова: растворенный кислород, Азовское море.

CONTENT OF THE DISSOLVED OXYGEN IN THE SEA OF AZOV DURING THE AUTUMN AND WINTER PERIOD IN 2015

V.S. Gerasyuk¹

Abstract. Results of the research touching upon the content of the dissolved oxygen in waters of the Sea of Azov at the end of summer and at the end of autumn period of 2015 are presented. Similarity of the received results with 1957–1960 given observations during the shallow period is noted. At the same time the situation with saturation of the benthonic layer with the dissolved oxygen was more favorable in 2015.

Keywords: dissolved oxygen, Sea of Azov.

Изучение природных процессов в южных морях России, в том числе в Азовском море, а также оценка влияния природных и антропогенных факторов на динамику морских экосистем в современный период является одной из приоритетных задач Южного научного центра РАН и Института аридных зон ЮНЦ РАН (ИАЗ ЮНЦ РАН) [1; 2]. Особый интерес представляет изучение малоисследованных гидрологических характеристик моря в осенне-зимний период [3].

Среди всех гидрохимических параметров, влияющих на биологическую продуктивность Азовского моря, особое место отводят растворенному кислороду – источнику дыхания гидробионтов и фактору, определяющему полноту и скорость минерализации органических веществ в водоеме. Особенностью кислородного режима Азовского моря является его нестабильность, которая определяется рядом постоянных и сезонных факторов: поглощением атмосферного кислорода поверхностным слоем воды, неравномерным притоком речных и черноморских вод, развитием и затуханием жизне-

деятельности организмов, циркуляционными процессами, определяющими возможности проникновения кислорода в придонные слои, и другими процессами. В ряде работ [4; 5] показано, что содержание растворенного кислорода в Азовском море в течение года подвергается большим колебаниям под влиянием двух основных факторов: изменения температуры, определяющей степень растворимости кислорода, и периодов развития фитопланктона.

В период с 4 по 6 сентября и с 8 по 9 декабря 2015 г. во время экспедиций Южного научного центра РАН на научно-исследовательском судне «Денеб» в акватории Азовского моря были проведены гидрометеорологические наблюдения и отобраны пробы на 11 и 9 станциях соответственно (рис. 1). Определяли следующие параметры: абсолютная концентрация растворенного кислорода по методу Винклера, концентрация хлорофилла *a* спектрофотометрическим методом [6], температура воды (°C) и соленость (PSU) при помощи гидрологического зонда SEACAT SBE 19, а также про-

¹ Южный научный центр Российской академии наук (Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: gerasyuk.v@mail.ru

зрачность воды с помощью диска Секки, скорость и направление ветра автоматическим метеорологическим комплексом Vaisala (табл. 1).

В сентябре в исследуемом районе температура воды уменьшалась с глубиной, температурный градиент составлял 2–3 °С, при этом наблюдалась незначительная стратификация по солености (табл. 1). Характерные вертикальные профили на примере 84-й станции представлены на рисунке 2.

Содержание растворенного кислорода в слое поверхность – дно имело сильную изменчивость: в поверхностном горизонте – 87,8–144 % насыщения, а в придонном горизонте, находящемся в непосредственном контакте с донными отложениями, на большинстве станций отмечалось резкое снижение относительного содержания кислорода – 69,4–104,6 % насыщения (табл. 1).

Вместе с этим наблюдалось достаточно высокое содержание хлорофилла *a* как в поверхностном горизонте (до 41,5 мг/м³ в Таганрогском заливе и до 5,3 мг/м³ в собственно Азовском море), так и в придонном (до 37,1 мг/м³ в Таганрогском заливе и до 4,6 мг/м³ в собственно море). Указанные величины находятся в пределах среднеголетних значений [7]. В то же время резких различий в вертикальном распределении хлорофилла *a* отмечено не было.

Подтверждением наблюдаемой стратификации вод в данный период является высокая прозрачность (в собственно море до 3,5 м при глубине 9 м и в Таганрогском заливе до 1,9 м при глубине 6,5 м), что может быть следствием незначительной ветровой активности (средняя скорость ветра во время экспедиции составила 2,6 м/с, максимальная не более 5,8 м/с).

Вероятно, относительно высокая для данного месяца температура вод [3] и небольшая ветровая активность способствовали незначительному вертикальному водообмену, а потребление кислорода на окисление органических остатков – заметному уменьшению его концентрации в придонном горизонте. При этом интенсивное цветение фитопланктона привело к высокому насыщению кислородом поверхностного слоя вод.

Во время декабрьской экспедиции определение концентрации растворенного кислорода и других параметров проводили только в поверхностном горизонте, так как погодные условия не позволили осуществить отбор проб с придонного горизонта. По ходу движения от Керченского пролива до Таганрогского залива температура воды постепенно понижалась (от 8,6 до 4,1 °С). Интенсивная ветровая деятельность в период наблюдений (средняя скорость ветра во время экспедиции со-

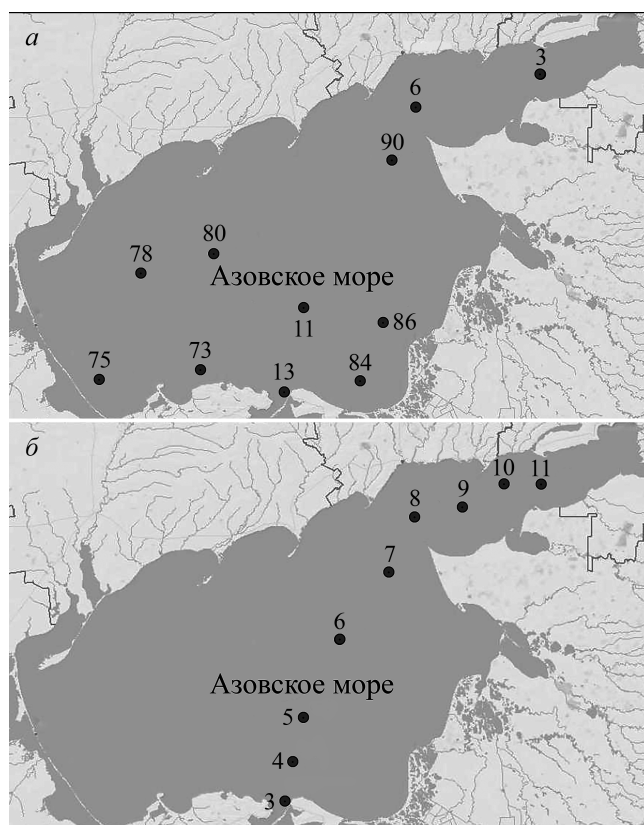


Рис. 1. Схема станций, выполненных в ходе экспедиций: а – с 4 по 6 сентября 2015 г.; б – с 8 по 9 декабря 2015 г.

Fig. 1. Scheme of the stations executed during the expeditions: a – from September 4 to September 6, 2015; b – from December 8 to December 9, 2015

ставляла 6 м/с, с порывами ветра до 9,2 м/с) способствовала однородному распределению содержания растворенного кислорода на поверхности моря (от 95,7 до 118,3 %). При этом наблюдалась невысокая прозрачность: 0,5 м при глубине 6 м для Таганрогского залива, что значительно ниже по сравнению с летними значениями. Концентрация хлорофилла *a* для Таганрогского залива находилась в диапазоне от 3,5 мг/м³ на выходе из залива (станция 8) до 37 мг/м³ в его центральной части (станция 11), а для собственно Азовского моря – от 1,2 мг/м³ в Керченском проливе (станция 3) до 12,2 мг/м³ в центральной части (станция 5). Такое распределение, вероятно, связано с большим количеством поступающих со стоком рек Дон и Кубань биогенных элементов, которые необходимы для жизнедеятельности фитопланктона.

В последние годы на всей акватории Азовского моря отмечаются заморные и предзаморные явления, которые сопровождаются массовой гибелью рыб [8; 9]. В Азовском море непосредственной причиной формирования придонного дефицита кислорода является значительное потребление его на окисление органических веществ, преимуще-

Таблица 1. Результаты экспедиционных исследований на поверхностном и придонном горизонтах
Table 1. Results of forwarding researches on the superficial and benthonic horizons

№ станции Station No	Горизонт, м Horizon, m	Дата Date	Время, МСК Time, UTC + 3	Глубина, м Depth, m	Прозрачность, м Transparency, m	Скорость ветра, м/с Speed of wind, m/s	Температура воды, °С Water temperature, °C	Соленость, PSU Salinity, PSU	Концентрация растворенного кислорода, мг/л Concentration of the dissolved oxygen, mg/l	Степень насыщения, % Extent of saturation, %	Хлорофилл <i>a</i> , мкг/л Chlorophyll <i>a</i> , µg/l
13	0	4.09.2015	11:10	9,0	3,5	5,8	23,94	13,83	8,92	107,08	1,8
	9						24,82	18,07	7,56	92,09	1,2
73	0		16:17	11,0	2,4	1,7	24,95	13,94	10,76	131,58	1,7
	9						23,15	14,17	6,07	71,62	3,6
75	0	21:00	8,0	-	-	24,70	13,39	9,28	112,94	-	
	11					23,94	13,40	8,07	96,93	3,4	
78	0	5.09.2015	2:20	11,0	-	3,0	24,75	13,38	7,21	87,75	0,5
	7						23,45	13,43	6,78	80,48	3,9
80	0		6:51	12,5	3,1	2,6	24,67	13,36	9,65	117,40	4,1
	10,5						23,34	13,40	7,17	85,08	4,6
11	0		11:50	11,5	2,4	2,0	25,52	13,78	10,01	123,39	4,2
	11,5						23,12	13,98	6,40	75,90	1,5
84	0		16:03	10,5	2,4	1,9	25,91	13,00	11,55	144,04	5,0
	11						23,00	13,59	5,90	69,44	3,7
86	0	19:20	11,5	-	-	25,24	13,50	10,10	124,29	5,3	
	10					22,90	13,52	7,92	92,95	3,6	
90	0	6.09.2015	2:19	6,0	-	2,4	24,11	13,57	7,81	94,12	2,0
	11						23,81	13,57	7,08	84,62	2,0
6	0		6:45	6,5	1,9	4,8	23,66	11,87	7,61	90,82	9,8
	6						23,40	11,84	6,28	74,55	9,4
3	0		12:40	6,0	1,0	6,0	24,10	10,50	9,31	111,89	41,5
	5,5	23,81					10,53	8,75	104,56	37,1	
3	0	8.12.2015	19:50	8,0	-	4,1	8,60	15,78	11,59	98,88	1,2
4	0	8.12.2015	11:05	10,0	-	6,0	7,80	14,18	11,60	97,26	1,8
5	0	9.12.2015	0:40	10,0	-	8,9	7,58	13,81	12,24	101,83	12,2
6	0		5:12	12,0	-	9,0	7,09	14,12	14,44	118,27	3,6
7	0		9:15	6,5	0,6	9,2	6,29	13,67	11,92	95,86	1,5
8	0		13:10	6,0	0,6	4,8	5,27	13,13	12,46	97,41	3,5
9	0		15:30	6,0	0,5	5,1	4,73	10,86	13,43	103,61	25,6
10	0		17:55	6,0	-	4,3	4,35	8,12	13,68	104,22	35,4
11	0		19:40	6,0	-	2,7	4,11	8,65	13,73	106,45	37,0

ственно в донных отложениях, а запускает этот механизм общая вертикальная устойчивость водных масс [10]. Причинами формирования вертикального градиента водных масс являются высокая температура и увеличение солёности. Тенденции к прогрессированию маловодного периода и, следовательно, к повышению солёности Азовского моря, наблюдающиеся в настоящее время [11], обуславливают необходимость исследования кислородного режима всей акватории.

Достаточно подробно кислородный режим описан в работе [4] для маловодного периода с 1953 по 1961 г., где отмечены условия образования заморных зон. Следует обратить внимание на то, что значения концентрации растворенного кислорода, полученные в сентябре 2015 г., находятся в пределах среднемесячных и не превышают максимальных значений для периода 1953–1961 гг. (среднемесячное значение за сентябрь 1950-х гг. составляет 8,7 мг/л, максимальное значение – 11,5 мг/л, для декабря данные отсутствуют). Для сравниваемых периодов отмечен значительный вертикальный градиент по кислороду, однако в 1953–1961 гг. были зафиксированы более низкие концентрации растворенного кислорода в придонном горизонте (51 % насыщения), являющиеся показателем развития заморных зон. Для 2015 г. минимальной концентрацией было значение 69,44 %, что является низким, но не критическим уровнем.

Таким образом, установлено, что содержание растворенного кислорода в исследуемый осенне-зимний период 2015 г. находилось на достаточно высоком уровне. Заморные явления не обнаружены.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность Е.П. Олейникову (ИАЗ ЮНЦ РАН) за предоставленный гидроло-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В. 2013. Морские экспедиционные исследования Южного научного центра РАН и Института аридных зон на научно-исследовательском судне «Денеб» в 2008–2011 гг. *Океанология*. 53(2): 276–278.
2. Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Григоренко К.С., Харьковский В.М., Поважный В.В., Польшин В.В., Соер В.Г. 2015. Морские исследования Южного научного центра РАН на научно-исследовательских судах «Денеб» и «Профессор Панов» в 2013 г. *Океанология*. 55(5): 861–865.
3. Матишов Г.Г., Бердников С.В., Жичкин А.П., Макаревич П.Р., Дженюк С.Л., Кулыгин В.В., Яицкая Н.А., Поважный В.В., Швердяев И.В., Кумпан С.В., Третьякова И.А., Цыганкова А.Е. 2014. *Атлас климатических изменений в больших*

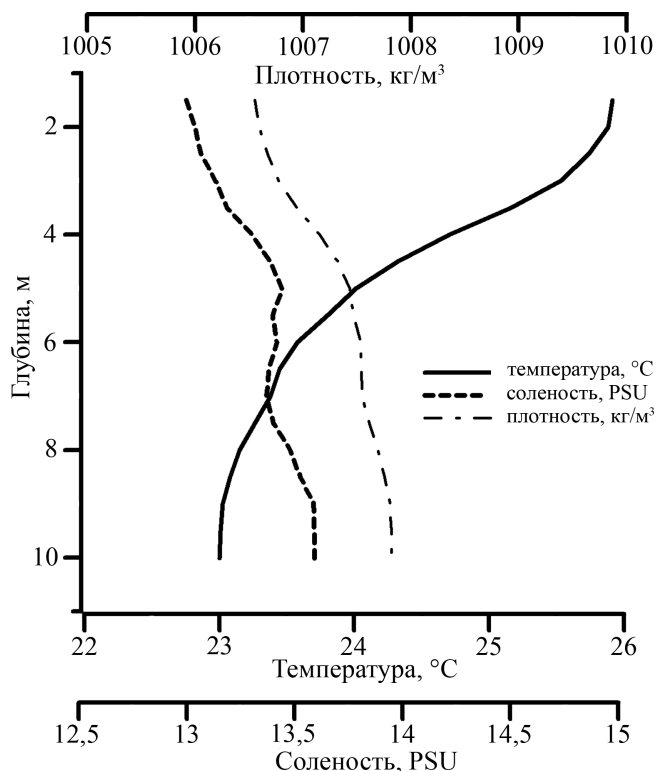


Рис. 2. Вертикальные профили температуры, солёности и плотности на станции № 84

Fig. 2. Vertical profiles of temperature, salinity and density at the station 84

гический материал, С.В. Бердникову (ЮНЦ РАН), Л.В. Дашкевич (ИАЗ ЮНЦ РАН) и О.В. Степаньяну (ЮНЦ РАН) за ценные советы при написании работы, а также анонимному рецензенту за полезные замечания.

Работа выполнена в рамках реализации Государственного задания «Анализ динамики природных систем на основе мегабаз данных за многолетний (19–20 века) период наблюдений» № 01201450487.

морских экосистемах Северного полушария (1878–2013). Регион 1. Моря Восточной Арктики. Регион 2. Черное, Азовское и Каспийское моря. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 256 с.

4. Цурикова А.П., Шульгина Е.Ф. 1964. *Гидрохимия Азовского моря*. Л., Гидрометеиздат: 258 с.
5. Книпович Н.М. 1932. *Гидрологические исследования в Азовском море: труды Азовско-Черноморской научно-промышленной экспедиции*. М., Шестой Октябрь: 496 с.
6. ГОСТ 17.1.4.02-90. 1990. *Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а*. М., Изд-во стандартов: 15 с.
7. Бердников С.В., Сапрыгин В.В., Кулыгин В.В. 2014. Пространственное распределение и сезонная динамика концентрации хлорофилла *a* в 2002–2012 гг. (по данным спутниковых снимков сканера MERIS). В кн.: *Экология. Экономика*.

- Информатика. Материалы Всероссийской объединенной конференции. Т. 2 (Ростов-на-Дону, 7–12 сентября 2014 г.).* Ростов н/Д, изд-во ЮФУ: 39–45.
8. Боровская Р.В., Ломакин П.Д., Панов Б.Н., Спиридонова Е.О. 2009. Выявление признаков придонной гипоксии в Азовском море и Керченском проливе на базе контактных и спутниковых данных. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 4:* 71–78.
 9. Кочергин А.Т., Крикевич Л.В., Боровская Р.В. 2013. Гидрометеорологические условия и их влияние на возникновение заморных явлений в Азовском море в летний период 2013 г. В кн.: *Труды ЮгНИРО. Т. 53. Основные результаты комплексных исследований в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне и Мировом океане.* Керчь, ЮгНИРО: 29–33.
 10. Александрова З.В., Баскакова Т.Е. 2013. Гипоксия и ее некоторые экологические последствия в Азовском море. *Вопросы рыболовства. 14(4):* 599–616.
 11. Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В., Бердников С.В. 2014. Многолетнее изменение средней солености Азовского моря: данные наблюдений и модельный расчет. В кн.: *Экология. Экономика. Информатика. Материалы Всероссийской объединенной конференции. Т. 1. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем (Ростов-на-Дону, 7–12 сентября 2014 г.).* Ростов н/Д, изд-во ЮФУ: 175–182.
 4. Tsurikova A.P., Shulgina E.F. 1964. *Gidrokimiya Azovskogo morya. [Hydrochemistry of the Sea of Azov].* Leningrad, Gidrometeoizdat: 258 p. (In Russian).
 5. Knipovich N.M. 1932. *Gidrologicheskie issledovaniya v Azovskom more: trudy Azovsko-Chernomorskoy nauchno-promyslovyoy ekspeditsii. [Hydrological researches in the Sea of Azov: the works of the Azov-Black Sea scientific fishing expedition].* Moscow, Shestoy Oktyabr': 496 p. (In Russian).
 6. GOST 17.1.4.02-90. 1990. *Voda. Metodika spektrofotometricheskogo opredeleniya khlorofilla a. [GOST 17.1.4.02-90. 1990. Water. Spectrophotometric determination of chlorophyll a].* Moscow, Standards Publishing: 15 p. (In Russian).
 7. Berdnikov S.V., Saprygin V.V., Kulygin V.V. 2014. [Spatial distribution and seasonal dynamics of the concentration of chlorophyll a in 2002–2012 (according to MERIS satellite image scanner)]. In: *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Materialy Vserossiyskoy ob"edinennoy konferentsii. T. 2. [Ecology. Economy. Informatic. Proceedings of the All-Russian joint conference. Vol. 2 (Rostov-on-Don, Russia, 7–12 September 2014)].* Rostov-on-Don, Southern Federal University Publishers: 39–45. (In Russian).
 8. Borovskaya R.V., Lomakin P.D., Panov B.N., Spiridonova E.O. 2009. [Identification of symptoms of a benthonic hypoxia in the Sea of Azov and the Kerch Strait on the basis of the contact and satellite information]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana. 4:* 71–78. (In Russian).
 9. Kochergin A.T., Kriskevich L.V., Borovskaya R.V. 2013. [Hydrometeorological conditions and their impact on the occurrence probability of fish kill phenomena in the Azov Sea during the summer season of 2013]. In: *Trudy YugNIRO. T. 53. Osnovnye rezul'taty kompleksnykh issledovaniy v Azovo-Chernomorskom rybokhozyaystvennom bassejne i Mirovom okeane. [Southern Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography. Vol. 53. Main results of complex research in the Azov-Black Sea basin and the World Ocean].* Kerch, Southern Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography: 29–33. (In Russian).
 10. Aleksandrova Z.V., Baskakova T.E. 2013. [Hypoxia and its some ecological consequences in the Sea of Azov]. *Voprosy rybolovstva. 14(4):* 599–616. (In Russian).
 11. Dashkevich L.V., Kulygin V.V., Berdnikov S.V. 2014. [Long-term change in the average salinity of the Azov Sea: observational data and model calculation]. In: *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Materialy Vserossiyskoy ob"edinennoy konferentsii. T. 1. Sistemyy analiz i modelirovanie ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem. [Ecology. Economy. Informatic. Proceedings of the All-Russian joint conference. Vol. 1. System analysis and modeling of economic and ecological systems (Rostov-on-Don, Russia, 7–12 September 2014)].* Rostov-on-Don, Southern Federal University Publishers: 175–182. (In Russian).

REFERENCES

Поступила 21.10.2016