

УДК 551.464.3(262.54)

DOI 10.23683/0321-3005-2017-3-1-76-82

ДИНАМИКА ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЗОВСКОГО МОРЯ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД ОСОЛОНЕНИЯ

© 2017 г. Ю.В. Косенко¹, Т.О. Барабашин¹, Т.Е. Баскакова¹

¹Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону, Россия

DYNAMICS OF HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SEA OF AZOV IN MODERN PERIOD OF SALINIZATION

J.V. Kosenko¹, T.O. Barabashin¹, T.E. Baskakova¹

¹Azov Sea Research Fisheries Institute, Rostov-on-Don, Russia

Косенко Юлия Владимировна – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией гидрохимии, Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, ул. Береговая, 21в, г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: kosenko-i@yandex.ru

Julia V. Kosenko - Candidate of Biology, Head of Laboratory of Hydrochemistry, Azov Sea Research Fisheries Institute, Beregovaya St., 21v, Rostov-on-Don, 344002, Russia, e-mail: kosenko-i@yandex.ru

Барабашин Тимофей Олегович – кандидат биологических наук, доцент, заведующий отделом океанографии и природоохранных исследований, Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, ул. Береговая, 21в, г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: timbar@bk.ru

Timofey O. Barabashin - Candidate of Biology, Associate Professor, Head of the Department of Oceanography and Environmental Studies, Azov Sea Research Fisheries Institute, Beregovaya St., 21v, Rostov-on-Don, 344002, Russia, e-mail: timbar@bk.ru

Баскакова Татьяна Евгеньевна – старший научный сотрудник, лаборатория гидрохимии, Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, ул. Береговая, 21в, г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: bask-45@mail.ru

Tatyana E. Baskakova - Senior Researcher, Laboratory of Hydrochemistry, Azov Sea Research Fisheries Institute, Beregovaya St., 21v, Rostov-on-Don, 344002, Russia, e-mail: bask-45@mail.ru

Приводятся результаты исследования динамики основных гидрохимических характеристик Азовского моря в условиях осолонения. Сбор материалов проводился в комплексных экспедициях АзНИИРХ по Азовскому морю в весенний, летний и осенний периоды года. Пробы отбирались с поверхностного и придонного горизонтов. Выявлено, что в современный период осолонения Азовского моря на всей акватории отмечено формирование стратификации водных масс по содержанию кислорода во все сезоны года, особенно четко выраженное в Таганрогском заливе. В период роста солености и снижения среднегодового стока реки Дон в Таганрогском заливе отмечено снижение концентрации биогенных элементов при сохранении высокой интенсивности биологической продуктивности фитопланктона. Концентрации биогенных элементов в современный период осолонения в собственно море остаются на уровне среднегодичных значений, однако увеличение солености, приводящее к смене таксономических групп фитопланктона, снижает уровень первичного продуцирования органического вещества. Увеличение доли органической формы азота и фосфора в период осолонения в Таганрогском заливе связано с развитием первичной продукции фитопланктона, а в собственно море – с поступлением аллохтонного органического вещества с материковым стоком.

Ключевые слова: Азовское море, растворенный кислород, минеральный и общий азот, минеральный и общий фосфор, первичная продукция, фитопланктон, соленость, речной сток.

The results of the study of the dynamics of the main hydrochemical characteristics of the Sea of Azov in conditions of salinization. The collection of materials was carried out in a comprehensive expeditions by AzNIIRKh Sea of Azov in spring, summer and autumn periods of the year. Samples were taken from surface and near-bottom horizons. It is revealed that in the modern period of salinization the Azov Sea water area marked by the formation of the stratification of water masses in the oxygen content in all seasons of the year, especially explicit in the Taganrog Bay. In the growth period of salinity and reduce the average annual flow of the Don river in Taganrog Bay marked decrease in the concentration of biogenic elements while maintaining a high intensity of biological productivity of phytoplankton. The concentrations of nutrients in the modern period of salinization in the sea remain at the level of mean annual values, however, the increase in salinity leading to a change in taxonomic groups of phytoplankton, reduces the level of primary production of organic matter. Increasing the share of organic forms of nitrogen and phosphorus in the period of salinization in the Taganrog Bay associated with an increase in the primary production of phytoplankton, and in the actual sea – receipt of allochthonous organic matter from continental runoff.

Keywords: *Sea of Azov, dissolved oxygen, mineral and total nitrogen, mineral and total phosphorus, primary production, phytoplankton, salinity, river runoff.*

Введение

В начале XX в. на основании физико-химической характеристики водной массы и ряда биологических особенностей Н.М. Книпович (1932, 1938) определял Азовское море как занимающее промежуточное положение между морскими и пресными водоемами [1, 2]. Солевой баланс Азовского моря складывается под влиянием поступления вод с речным стоком и притока из Черного моря. Однако в последние годы облик Азовского моря в целом и Таганрогского залива в частности характеризуется значительным увеличением солености. А.М. Бронфман с коллегами (1979) писал: «Можно утверждать, что речной сток, в значительной мере регулирующий соотношение расходов азовского и черноморского течений, будет одновременно являться и регулятором солевого баланса Азовского моря» [3]. Согласно современным исследованиям, выявлено, что в период осолонения Азовского моря – 2007–2016 гг., отмечено достоверное снижение среднегодового объема стока р. Дон на 35,6 % ($p < 0,001$) по сравнению с 1998–2006 гг. [4, 5].

Известно, что изменение солености также вызывает быстрые и глубокие деформации самых различных абиотических и биотических компонентов моря [6], а снижение речного стока напрямую влияет на концентрацию и баланс биогенных соединений [7]. Запас биогенных солей в Азовском море, в свою очередь, определяет его биологическую продуктивность. Кроме того, рядом авторов показано отрицательное воздействие солености на первичную продукцию органического вещества в Азовском море [3, 6, 7]. В связи с вышесказанным целью нашего исследования явилось изучение особенностей гидрохимических характеристик Азовского моря в современных условиях осолонения.

Методы исследования

В данной работе использованы материалы ФГБНУ «АзНИИРХ» за период 1998–2016 гг. Сбор материалов осуществлялся в комплексных экспедициях по Азовскому морю в весенний, летний и осенний периоды года. Отбор проб проводился с поверхностного и придонного горизонтов согласно многолетней сетке станций, охватывающей всю акваторию моря.

При определении гидрохимических показателей использовали общепринятые методы, представленные в руководящих документах, принятых и утвержденных в Аналитическом испытательном центре, аккредитованном Федеральной службой по аккредитации (аттестат аккредитации № RA.RU.510217).

Величину первичной продукции традиционно определяли по методу С.В. Бруевича (1936) в модификации В.Г. Дацко (1959). Для оценки величины первичного продуцирования органического вещества за вегетационный период использовали данные, полученные в летние месяцы.

Статистическую обработку результатов исследования и построение графиков проводили с использованием пакета программ STATISTICA 6.0 и Excel 2013. Достоверность различий между выборками определяли с использованием t-критерия Стьюдента, различия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

В формировании солености Азовского моря важная роль принадлежит двустороннему водообмену через Керченский пролив, а также материковому стоку, прежде всего рек Дон и Кубань, которые составляют в море более 95 % суммарного стока. Следует отметить, что снижение речного стока является решающим фактором осолонения моря. Усиление притока черноморских вод обуславливает, как правило, случайные нарушения общей закономерности солености и в основном связано с аномалиями ветров над проливом и прилегающими к нему акваториями Черного и Азовского морей [6]. При анализе динамики солености собственно моря было установлено, что период 1998–2006 гг. характеризовался средним значением солености $10,4 \pm 0,4$ ‰, а период 2007–2016 гг. – средним значением солености $12,0 \pm 1,2$ ‰. В Таганрогском заливе в данные периоды средний уровень солености увеличивался с $6,1 \pm 0,7$ до $8,3 \pm 1,4$ ‰. В связи с вышесказанным мы охарактеризовали период с 2007 г. по настоящее время как современный период осолонения Азовского моря [4, 5].

При рассмотрении динамики гидрохимических характеристик Азовского моря особое внимание следует уделить содержанию растворенного кислорода как основного абиотического фактора, влияющего на жизнедеятельность водной биоты. Содержание кислорода в воде зависит от ряда факторов, одним из которых является соленость, поскольку при увеличении солености растворимость кислорода в воде снижается [8]. Кроме того, солевая стратификация вод Азовского моря вызывает стратификацию по кислороду, характеризующуюся высокой степенью насыщения кислородом поверхностного слоя и дефицитом кислорода в придонном горизонте [9]. Вследствие вышесказанного важно рассмотреть содержание кислорода в поверхностном и придонном горизонтах Азовского моря за исследуемый период.

Стратификация водных масс по содержанию кислорода в собственно море и Таганрогском заливе была выявлена в летний период 1998–2006 и 2007–2016 гг., что, согласно литературным данным, характерно для гидродинамического и гидрохимического режимов Азовского моря [9]. Однако в современный период осолонения в Таганрогском заливе и собственно море

были установлены статистически достоверные различия ($p < 0,05$) насыщения воды кислородом в поверхностном и придонном горизонтах не только в летний, а также в весенний и осенний периоды года. Особенно заметны и выражены эти изменения в Таганрогском заливе, где даже в весенний период ΔO_2 достигает в среднем 9 % насыщения (рис. 1).

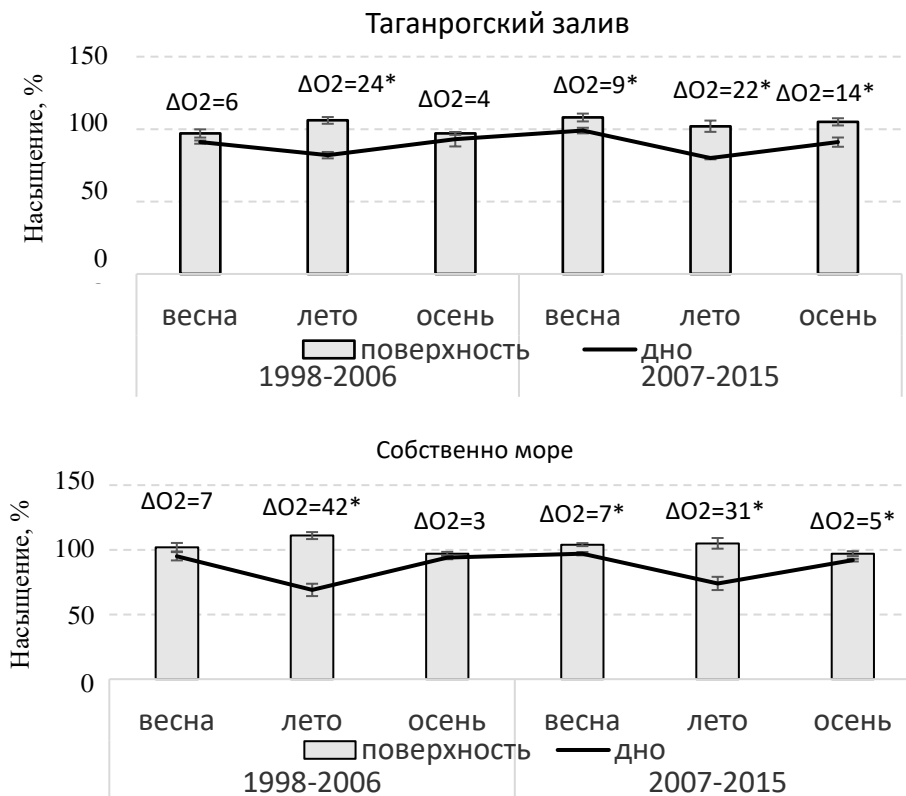


Рис. 1. Содержание растворенного кислорода, % насыщения, в собственно море и Таганрогском заливе в разные сезоны года в период 1998–2015 гг.: ΔO_2 – разница содержания в воде растворенного кислорода между поверхностным и придонными горизонтами; * – различия достоверны между поверхностным и придонными горизонтами / Fig. 1. Dissolved oxygen, % saturation, in the actual sea and the Taganrog Bay in different seasons of the year in the period 1998-2015: ΔO_2 - the difference is the concentration of dissolved oxygen between surface and bottom horizons; * - the difference is significant between the surface and bottom horizons

Анализ литературных данных свидетельствует, что при естественном режиме моря и в начальные фазы его антропогенного преобразования развитие придонного дефицита кислорода было явлением эпизодическим. В дальнейшем, с начала 1960-х гг., возникновение значительных зон недостаточного насыщения воды кислородом у дна стало практически ежегодным явлением на акватории моря [6]. Анализ гидрометеорологической информации, проведенный рядом авторов [10–12], показал, что после 1961 г. в районе Восточного Приазовья отмечено значительное снижение скорости ветра на 21–44 % относительно периода наблюдений с 1910–1960 гг. Помимо снижения скорости ветровой составляющей, увели-

чение солености в современный период обуславливает дополнительное увеличение вертикальной устойчивости водных масс и, соответственно, существенно влияет на кислородный режим Азовского моря [13].

Азовское море до середины XX в. занимало одно из первых мест по биологической продуктивности среди морских водоемов мира, поэтому крайне важно рассмотреть влияние динамики солености на биологическую продуктивность моря в целом и содержание биогенных веществ в частности. По данным литературы, известно, что минеральные соединения азота и фосфора являются незаменимой материальной основой продукционных процессов, и изменение

их концентрации может иметь самые многочисленные и существенные проявления в жизни моря [3]. Минеральные формы азота и фосфора, являясь материальной базой фотосинтеза, обеспечивают биологическую продуктивность и рыбохозяйственную значимость водоема.

Анализ среднегодовой динамики биогенных веществ в водной толще Азовского моря позволил сделать вывод о том, что в период 2007–2016 гг. отмечено достоверное снижение в Таганрогском заливе минеральных форм азота относительно периода 1998–2006 гг. (рис. 2). Снижение концентраций аммонийного, нитритного и нитратного азота в период 2007–2016 гг. составляло 35,8 ($p < 0,05$), 44,9 ($p < 0,001$) и 69,2 % ($p < 0,01$) соответственно относительно периода 1998–2006 гг.

Известно, что режим биогенных веществ в Таганрогском заливе тесно взаимосвязан с объемом стока р. Дон, следовательно, снижение минеральных форм азота в современный период осолонения является закономерным следствием данного явления [14]. В Таганрогском заливе отмечена достоверная корреляционная взаимосвязь между объемом стока р. Дон и среднегодовым содержанием в водной толще нитратного азота ($R=0,65$, $p < 0,01$), нитритного азота ($R=0,73$, $p < 0,001$) и азота аммонийного ($R=0,48$, $p < 0,05$). На акватории собственно моря достоверных изменений концентрации минеральных форм азота не отмечено.

Из представленного графика видно, что в периоды высокого среднегодового объема речного стока (1998, 2004–2006 гг.) отмечено доминирование азота нитратного в воде Таганрогского залива (рис. 2). Данный факт объясняется поступлением нитратов со стоком р. Дон, поскольку преобладающей формой азота в низовьях Дона является азот нитратный [15]. В условиях сниженного объема речного стока в формировании динамики биогенных элементов в Таганрогском заливе на первое место выходят внутриводоемные процессы, связанные с усилением деструкции первичного органического вещества в условиях более высоких температур воды и обуславливающие высокие концентрации аммонийного азота в весенний период года (апрель). Анализ фоновых данных ФГБНУ «АзНИИРХ» среднесезонных значений температуры воды с 1960 по 2016 г. показал

четкий тренд ее увеличения в Таганрогском заливе в весенний период года.

В современный период осолонения наблюдается также достоверное увеличение органической компоненты азота в собственно море и Таганрогском заливе на 33,4 ($p < 0,05$) и 26,4 % ($p < 0,05$) соответственно относительно периода 1998–2006 гг. При этом в собственно море и Таганрогском заливе в период осолонения отмечено увеличение концентрации общего азота (за счет увеличения органического азотсодержащего вещества) на 29,8 ($p < 0,05$) и 16,9 % ($p < 0,05$) соответственно относительно 1998–2006 гг. (рис. 3).

Согласно фоновым данным ФГБНУ «АзНИИРХ», в многолетней динамике азота (1958–1998 гг.) содержание минеральной фракции в собственно море составляло 11,6 %, а в Таганрогском заливе – 20,3. В период 1998–2006 гг. доля минеральной фракции азота в собственно море и заливе составляла 8,9 и 11,5 % соответственно. При этом в период 2007–2016 гг. содержание минерального азотсодержащего вещества в собственно море соответствовало 5,9 %, в заливе –

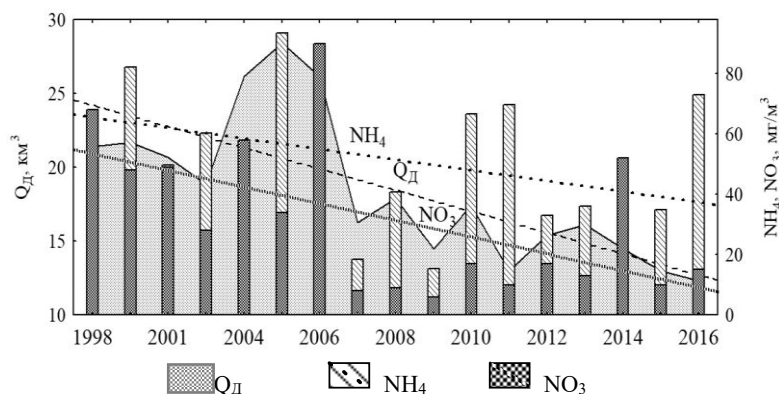


Рис. 2. Динамика концентрации нитратного, аммонийного азота и среднегодового объема стока р. Дон (Q_d) в Таганрогском заливе в период 1998–2016 гг.
 / Fig. 2. The dynamics of the concentration of nitrate, ammonium nitrogen, and annual runoff in the Don river (Q_d) in the Taganrog Bay in the period 1998–2016

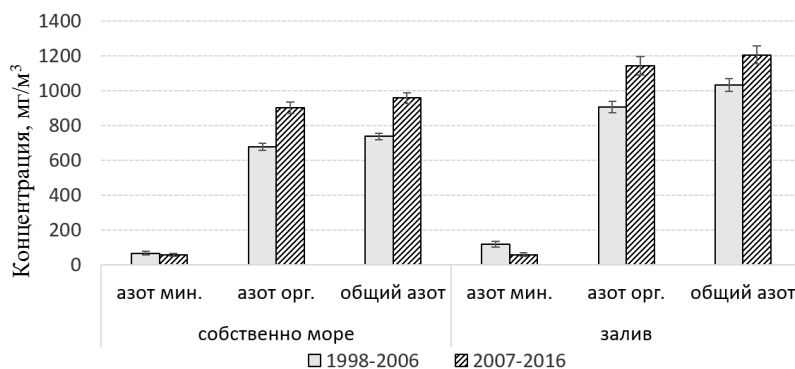


Рис. 3. Концентрация минерального, органического и общего азота, mg/m^3 , в собственно море и Таганрогском заливе в период 1998–2016 гг.
 / Fig. 3. Concentration of mineral, organic and total nitrogen, mg/m^3 , in the sea and the Taganrog Bay in the period 1998–2016

4,8. Известно, что соотношение органической и минеральной форм биогенных элементов отражает направленность и интенсивность продукционных процессов. Значительное снижение доли минеральных форм азота при увеличении его органической составляющей, наблюдаемое в современный период осолонения, свидетельствует о высокой интенсивности процессов синтеза органического вещества и поступления алохтонного органического вещества с материковым стоком.

В период 2007–2016 гг. в собственно море по содержанию минерального, органического и общего фосфора относительно 1998–2006 гг. достоверных различий не установлено. В Таганрогском заливе отмечено снижение концентрации минерального фосфора на 46,4 % ($p < 0,05$). Содержание минерального фосфора в Таганрогском заливе в 1998–2006 гг. составляло 36,2 %, в 2007–2016 гг. – 19,5. Показано, что на фоне снижения минерального фосфора доля его органической составляющей в период осолонения увеличивалась.

При рассмотрении сезонной динамики растворимых форм минерального фосфора в период 2007–2016 гг. следует отметить его снижение в Таганрогском заливе весной, летом и осенью на 60,1 ($p < 0,01$), 36,4 ($p < 0,05$) и 59,1 % ($p < 0,01$) относительно 1998–2006 гг. В собственно море в период осолонения отмечено увеличение концентрации минерального фосфора в летний период года на 46,7 % ($p < 0,05$) относительно 1998–2006 гг. ($p < 0,05$) (рис. 4).

Поскольку в весенний и осенний периоды года в Азовском море главную роль в содержании минерального фосфора выполняет речной сток, следовательно, значительное снижение концентрации минерального фосфора в Таганрогском заливе в современный период осолонения обусловлено снижением объема стока р. Дон. При этом в летний период на уровень фосфатов в Азовском море значительно влияют внутриводоемные процессы. Увеличение минерального фосфора летом в собственно море обусловлено переходом минерального фосфора из донных отложений в водную толщу при возникновении гипоксических условий в придонных горизонтах, а также поступлением фосфатов с черноморскими водами через Керченский пролив [9].

Следует отметить, что в период 1998–2006 гг. содержание фосфатов в Таганрогском заливе во все сезоны года было выше, чем в собственно море. В современный период осолонения содержание фосфатов в Таганрогском заливе значительно снизилось относительно периода 1998–2006 гг. и достоверно не отличалось от уровня минерального фосфора в собственно море (рис. 5).

Литературные данные середины XX в. [5, 16] свидетельствовали о том, что материковый сток вносит в Азовское море более половины всех биогенных элементов, имеющих важное значение для продуктивности экосистемы моря. Однако, согласно современным исследованиям [17], речному стоку принадлежит важная, но не решающая роль в круговороте биогенных элементов в экосистеме Азовского моря. Это море уникально тем, что представляет собой эвтрофный водоем с высоким базовым уровнем биогенных элементов. «Критическая» роль

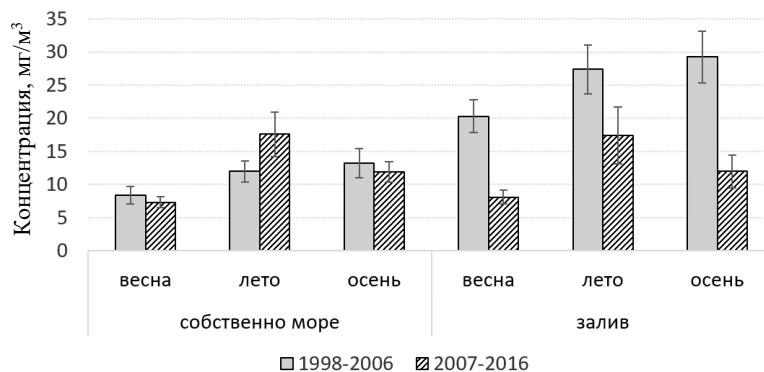


Рис. 4. Концентрация минерального фосфора, мг/м³, в собственно море и Таганрогском заливе в период 1998–2016 гг. / Fig. 4. Concentration of mineral phosphorus, mg/m³, in the sea and the Taganrog Bay in the period 1998-2016

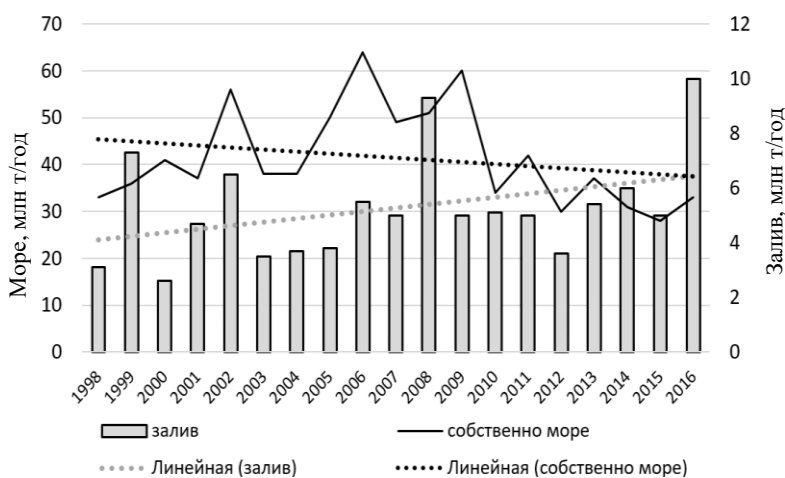


Рис. 5. Величина годовой валовой продукции Азовского моря в период 1998–2015 гг., млн т/год / Fig. 5. The value of annual gross output of the Sea of Azov in the period 1998-2015, million t/year

речного стока в снабжении моря биогенными веществами может возникнуть лишь при многолетней устойчивой тенденции снижения поступления биогенных солей в условиях резкого снижения объема притока речных вод. Поскольку в Таганрогском заливе в период осолонения и снижения объема стока р. Дон отмечено снижение концентрации минерального азота и фосфора, важно рассмотреть влияние данных изменений на уровень первичного продуцирования органического вещества.

Величина годовой валовой продукции Азовского моря в 1998–2006 гг. составляла в собственно море в среднем $43,7 \pm 10,6$ млн т сухого органического вещества в год, а в Таганрогском заливе – $4,5 \pm 1,6$. В период 2007–2016 гг. среднегодовой уровень первичного продуцирования органического вещества в собственно море снизился на 10 % ($p < 0,05$), в Таганрогском заливе – увеличился на 31,4 % ($p < 0,05$) относительно периода 1998–2006 гг. (рис. 5). Снижение первичной продукции в собственно море обусловлено сменой таксономических групп фитопланктона, и в первую очередь снижением биомассы сине-зеленых водорослей [18].

В силу вышесказанного можно отметить, что в Таганрогском заливе увеличение солености в среднем до 8,3 ‰ не является лимитирующим фактором, влияющим на фотосинтетическую активность фитопланктонного сообщества. Формирование пика солености в Таганрогском заливе в 2016 г. привело к увеличению уровня первичного продуцирования органического вещества. При этом увеличение солености в среднем до 12,0 ‰ в собственно море вызывает снижение продуцирования органического вещества вследствие смены таксономической группы фитопланктона. Увеличение доли органической формы азота и фосфора в период осолонения в Таганрогском заливе связано с ростом уровня первичной продукции фитопланктона, а в собственно море – с поступлением аллохтонного органического вещества с материковым стоком.

Выводы

1. Увеличение солености Азовского моря приводит к формированию стратификации водных масс по содержанию кислорода во все сезоны года, особенно выраженной в Таганрогском заливе, что увеличивает риск возникновения заморозов в весенний и осенний периоды.

2. Уменьшение концентрации биогенных элементов в современный период осолонения в Таганрогском заливе не привело к снижению скорости первичного продуцирования органического вещества фитопланктоном.

3. Концентрация биогенных элементов в современный период осолонения в собственно море остается на уровне среднепогодных значений, однако

увеличение солености, приводящее к смене таксономических групп фитопланктона, снижает уровень первичного продуцирования органического вещества.

Литература

1. Книпович Н.М. Гидрологические исследования в Азовском море // Тр. Азово-Черномор. науч.-промысл. экспед. 1932. Вып. 5. С. 3–97.
2. Книпович Н.М. Гидрология морей и солоноватых вод СССР. М. : Пищепромиздат, 1938. С. 150.
3. Бронфман А.М., Дубинина В.Г., Макарова Г.Д. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря. М. : Пищевая промышленность, 1979. 288 с.
4. Куропаткин А.П., Шишкин В.М., Бурлачко Д.С., Карманов В.Г., Жукова С.В., Подмарева Т.И., Фоменко И.Ф., Лутынская Л.А. Современные и перспективные изменения солености Азовского моря // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 11. С. 7–16.
5. Дубинина В.Г., Жукова С.В. Оценка возможных последствий строительства Багаевского гидроузла для экосистемы Нижнего Дона // Рыбное хозяйство. 2016. № 4. С. 20–30.
6. Бронфман А.М., Хлебников Е.П. Азовское море. Основы реконструкции. Л. : Гидрометеиздат, 1985. 270 с.
7. Матишов Г.Г., Гаргона Ю.М., Бердников С.В., Дженьюк С.Л. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море. М. : Наука, 2006. 304 с.
8. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам : энцикл. справочник. М. : Протектор, 1995. 624 с.
9. Александрова З.В. Многолетняя изменчивость кислородного режима и содержания биогенных веществ в Азовском море // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна : сб. науч. тр. АЗНИИРХ, Ростов н/Д. : АЗНИИРХ, 2012. С. 18–35.
10. Юго-восток европейской части СССР. М. : Наука, 1971. 455 с.
11. Климат Ростова-на-Дону / под ред. Ц.В. Швер, Т.Е. Иванченко. Л. : Гидрометеиздат, 1987. 224 с.
12. Луц Н.В. Многолетняя изменчивость скорости ветра в Восточном Приазовье // Метеорология и гидрология. 2001. № 2. С. 98–102.
13. Александрова З.В., Баскакова Т.Е. Основные закономерности формирования кислородного и биогенного режимов юго-восточного участка на акватории Азовского моря в районах проектируемого разведочного бурения «НК «Приазовнефть» // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 9. С. 30–37.
14. Гаргона Ю.М. Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Мурманск, 2003. 47 с.
15. Никаноров А.М. Региональная гидрохимия. Ростов н/Д. : НОК, 2011. 388 с.

16. Каревич А.Ф. Влияние изменяющегося стока рек и режима Азовского моря на его промысловую и кормовую фауну // Тр. Азовского науч.-исслед. ин-та рыбн. хоз-ва. 1960. Т. 1, вып. 1. С. 3–114.

17. Воловик С.П., Корпакова И.Г., Лавренова Е.А., Темердашев З.А. Экосистема Азовского моря: режим, продуктивность, проблемы управления. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2008. 347 с.

18. Воловик С.П., Корпакова И.Г., Налетова Л.Ю., Барабашин Т.О. Фитопланктон и его изменения в юго-восточном районе Азовского моря летом 2007–2014 годов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 11. С. 21–27.

References

1. Knipovich N.M. *Gidrologicheskie issledovaniya v Azovskom more* [Hydrological studies in the Azov Sea]. *Tr. Azovo-Chernomor. nauch.-promysl. eksped.* 1932, iss. 5, pp. 3-97.

2. Knipovich N.M. *Gidrologiya morei i solonovatykh vod SSSR* [Hydrology of the seas and brackish waters of the USSR]. Moscow: Pishchepromizdat, 1938, p. 150.

3. Bronfman A.M., Dubinina V.G., Makarova G.D. *Gidrologicheskie i gidrokhimicheskie osnovy produktivnosti Azovskogo morya* [Hydrological and hydrochemical basis of productivity of the Azov Sea]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1979, 288 p.

4. Kuropatkin A.P., Shishkin V.M., Burlachko D.S., Karmanov V.G., Zhukova S.V., Podmareva T.I., Fomenko I.F., Lutynskaya L.A. *Sovremennye i perspektivnye izmeneniya solenosti Azovskogo morya* [Modern and perspective changes in the salinity of the Azov Sea]. *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse.* 2015, No. 11, pp. 7-16.

5. Dubinina V.G., Zhukova S.V. *Otsenka vozmozhnykh posledstviy stroitel'stva Bagaevskogo gidrouzla dlya ekosistemy Nizhnego Dona* [Assessment of the possible consequences of the construction of the Bagaevsky hydroelectric complex for the ecosystem of the Lower Don]. *Rybnoe khozyaistvo.* 2016, No. 4, pp. 20-30.

6. Bronfman A.M., Khlebnikov E.P. *Azovskoe more. Osnovy rekonstruktsii* [Sea of Azov. Fundamentals of reconstruction]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1985, 270 p.

7. Matishov G.G., Gargopa Yu.M., Berdnikov S.V., Dzhenyuk S.L. *Zakonomernosti ekosistemnykh protsessov v Azovskom more* [Regularities of ecosystem processes in the Azov Sea]. Moscow: Nauka, 2006, 304 p.

8. Fomin G.S. *Voda. Kontrol' khimicheskoi, bakterial'noi i radiatsionnoi bezopasnosti po mezhdunarodnym standartam* [Water. Control of chemical, bacterial and radiation safety according to international standards]. Encycl. directory. Moscow: Protektor, 1995, 624 p.

9. Aleksandrova Z.V. [Long-term variability of the oxygen regime and the content of nutrients in the Sea of Azov]. *Osnovnye problemy rybnogo khozyaistva i okhrany rybokhozyaistvennykh vodoemov Azovo-Chernomorskogo basseina* [The main problems of fisheries and the protection of fisheries water bodies of the Azov-Black Sea basin]. Collection of scientific papers AzNIIIRKh. Rostov-on-Don: AzNIIIRKh, 2012, pp. 18-35.

10. *Yugo-vostok evropeiskoi chasti SSSR* [South-east of the European part of the USSR]. Moscow: Nauka, 1971, 455 p.

11. *Klimat Rostova-na-Donu* [The climate of Rostov-on-Don]. Ed. Ts.V. Shver, T.E. Ivanchenko. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987, 224 p.

12. Luts N.V. *Mnogoletnyaya izmenchivost' skorosti vetra v Vostochnom Priazov'e* [Long-term variability of wind speed in the Eastern Azov Region]. *Meteorologiya i gidrologiya.* 2001, No. 2, pp. 98-102.

13. Aleksandrova Z.V., Baskakova T.E. *Osnovnye zakonomernosti formirovaniya kislorodnogo i biogennoho rezhimov yugo-vostochnogo uchastka na akvatorii Azovskogo morya v raionakh proektiruemogo razvedochnogo bureniya "NK "Priazovneft"'* [The main regularities of the formation of oxygen and biogenic regimes of the south-eastern section in the Azov Sea water area in the areas of planned exploratory drilling "NC "Priazovneft"']. *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse.* 2010, No. 9, pp. 30-37.

14. Gargopa Yu.M. *Krupnomasshtabnye izmeneniya gidrometeorologicheskikh uslovii formirovaniya bioproduktivnosti Azovskogo morya* : avtoref. dis. ... d-ra geogr. nauk [Large-scale changes in the hydrometeorological conditions for the formation of the biological productivity of the Azov Sea]. Murmansk, 2003, 47 p.

15. Nikanorov A.M. *Regional'naya gidrokhiimiya* [Regional hydrochemistry]. Rostov-on-Don: NOK, 2011, 388 p.

16. Karpevich A.F. *Vliyaniye izmenyayushchegosya stoka rek i rezhima Azovskogo morya na ego promyslovuyu i kormovuyu faunu* [Influence of the changing flow of rivers and the regime of the Sea of Azov on its commercial and fodder fauna]. *Tr. Azovskogo nauch.-issled. in-ta rybn. khoz-va.* 1960, vol. 1, iss. 1, pp. 3-114.

17. Volovik S.P., Korpakova I.G., Lavrenova E.A., Temerdashev Z.A. *Ekosistema Azovskogo morya: rezhim, produktivnost', problemy upravleniya* [Ecosystem of the Azov Sea: regime, productivity, management problems]. Krasnodar: Kubanskii gos. un-t, 2008, 347 p.

18. Volovik S.P., Korpakova I.G., Naletova L.Yu., Barabashin T.O. *Fitoplankton i ego izmeneniya v yugo-vostochnom raione Azovskogo morya letom 2007-2014 godov* [Phytoplankton and its changes in the south-eastern region of the Azov Sea in the summer of 2007-2014]. *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse.* 2015, No. 11, pp. 21-27.