



УДК 556.531.4:556.16(282.247.36)

РОЛЬ СТОКА РЕКИ ДОН В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

© 2018 Ю. В. Косенко, Т. Е. Баскакова, Т. Б. Картамышева

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону 344002, Россия
E-mail: lab.gidrochimiya@mail.ru

Аннотация. В работе проведен анализ особенностей гидрохимического режима акватории Нижнего Дона в условиях различной водности и влияния стока р. Дон на продуктивность Таганрогского залива (Азовское море). Сетка станций на акватории р. Дон охватывала устья крупных рек (Сал, Маныч, Аксай), районы сброса сточных вод г. Ростова-на-Дону и г. Аксай, а также место впадения р. Дон в Таганрогский залив. Исследования были проведены в весенний, летний и осенний периоды 1999–2015 гг. Показано, что среднегодовой объем стока р. Дон коррелирует с концентрациями в воде азота аммонийного и нитратного. В маловодные годы концентрация биогенных веществ не имеет выраженной сезонной динамики. В маловодные и среднемноговодные годы доминирующей формой азота в воде р. Дон являлся азот нитратный. Увеличение в воде органической компоненты азотсодержащих соединений в маловодный период является показателем интенсивного продуцирования органического вещества фитопланктоном, что подтверждается высокой трофностью акватории. Загрязнение минеральными формами азота нижнего течения Дона в районе влияния сточных вод крупных городов не установлено. В период снижения среднегодового объема стока р. Дон уровень первичного продуцирования органического вещества в Таганрогском заливе поддерживается за счет автохтонного поступления биогенных веществ. В условиях отсутствия рециклинга биогенных веществ при заморах в Таганрогском заливе отмечено снижение уровня первичного продуцирования в условиях низкой водности р. Дон.

Ключевые слова: Дон, Таганрогский залив, маловодный период, среднемноговодный период, биогенные вещества, первичная продукция, трофность

ROLE OF THE DON RIVER FLOW IN PRODUCTIVITY FORMATION OF THE TAGANROG BAY

Yu. V. Kosenko, T. E. Baskakova, T. B. Kartamysheva

Azov Sea Research Fisheries Institute, Rostov-on-Don 344002, Russia
E-mail: lab.gidrochimiya@mail.ru

Abstract. Analysis of the features of the Lower Don R. (Rostov-on-Don Region, Russia) hydrochemical regime in conditions of different water content and the impact of the Don R. flow on productivity of the Taganrog Bay

(Azov Sea) is conducted. The grid of stations covered the mouths of large rivers (Sal R., Manych R., Aksai R.), wastewater discharge areas of Rostov-on-Don and Aksai, and the area of the Don R. influx into the Taganrog Bay. The studies were carried out from 1999 to 2015 in the spring, summer and autumn seasons. It is shown that the average annual flow volume of the Don R. correlates with the concentrations of ammonium and nitrate nitrogen in water. In low-water years, the concentration of nutrients has no pronounced seasonal dynamics. In low-water and medium-water years, the dominant form of nitrogen in the water of the Don R. was nitrate nitrogen. The increase of the organic component of nitrogen-containing compounds in water during the low-water period is indicative of intensive production of organic matter by phytoplankton, which is evidenced by the high trophicity level of the water area. Pollution by mineral forms of nitrogen in the lower reach of the Don R. in the area of sewage water discharge from large cities is not detected. The level of primary production of organic matter in the Taganrog Bay is maintained due to the autochthonous supply of nutrients during the period of decrease in the average annual flow of the Don R. In the absence of nutrient recycling during the suffocation periods in the Taganrog Bay, a decrease in the level of primary production was reported in conditions of the low water content of the Don R.

Keywords: Don, Taganrog Bay, low-water period, medium-water period, biogenic substances, primary production, trophicity

ВВЕДЕНИЕ

Изучение гидрохимических характеристик р. Дон имеет важное рыбохозяйственное значение. Кроме того, гидрохимическая и гидрологическая ситуация в бассейне Дона оказывает значительное влияние на экологическое состояние Азовского моря [1]. В настоящее время река Дон, особенно акватория Нижнего Дона, представляет собой трансформированную природную экосистему, состояние которой в последние годы значительно ухудшается. Наибольшее влияние оказывает хозяйственная деятельность человека, в то же время экологические проблемы Нижнего Дона связаны и с глобальными естественными климатическими факторами, такими как изменение атмосферной циркуляции (смещение оси Воейкова) и существенное уменьшение поверхностного стока [2].

Основная часть годового стока р. Дон (60–70 %) формируется за счет талых вод в весенний период [3]. Подземное питание составляет 25–30 %, атмосферные осадки — 3–5 %. В нижнем течении Дона доля подземного питания возрастает, дождевого — снижается, поскольку практически вся акватория данного бассейна относится к области недостаточного увлажнения. Следует также отметить, что создание Цимлянского водохранилища привело к существенному внутригодовому выравниванию водного стока р. Дон ниже по течению: сток и расходы весеннего половодья значительно снизились, меженных периодов — существенно повысились, что неизбежно привело к изменению стока биогенных элементов и органических веществ [1]. Доминирующее влияние на сезонное распределение биогенных веществ Нижнего Дона стали ока-

зывать биологические и биохимические процессы, протекающие в Цимлянском водохранилище [4].

Зарегулирование р. Дон в 1952 г. Цимлянским водохранилищем, наряду с безвозвратным изъятием речной воды водопользователями, преобразованием поверхности водосбора в результате агротехнических и лесомелиоративных мероприятий, дополнительными потерями на испарение с поверхности водохранилища, привели к общему снижению водности Дона и резкому изменению гидрохимических условий в нижнем течении реки [1].

В последние годы (с 2007 г. по настоящее время) отмечена достоверная тенденция снижения среднегодового стока р. Дон [5]. Уменьшение объема речного стока, наряду с осолонением Азовского моря, не может не вызывать опасений, вследствие чего важно проследить динамику изменения гидрохимического режима в нижнем течении р. Дон и ее влияние на первичное продуцирование в Таганрогском заливе, что и явилось целью нашей работы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор гидрохимических проб осуществлялся в весенний (май), летний (июль) и осенний (сентябрь) периоды года на следующих участках:

1. р. Сал (устье, в 500 м выше и ниже устья);
2. р. Маныч (устье, в 500 м выше и ниже устья);
3. пр. Аксай (устье, в 500 м выше и ниже устья);
4. 500 м ниже сброса городской канализации г. Ростова-на-Дону;
5. 500 м ниже сброса городской канализации г. Азова;

б. акватория 0 км (место впадения р. Дон в Таганрогский залив).

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). В воде определяли концентрации азота аммонийного по РД 52.24.383-2005 [6], азота нитратного [7], общего азота [8] и общего фосфора [9]. В Таганрогском заливе на стандартной сетке станций, охватывающей всю акваторию, был проведен анализ уровня первичного продуцирования. Статистический анализ данных выполнен в Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе современных данных за период с 1999 по 2015 г. отмечено резкое снижение объема речного стока в 2007 г., когда по сравнению с 2006 г. он снизился на 38 % ($p < 0,05$) и составил 16,25 км³. После 2007 г. сохранилась динамика снижения среднегодового объема стока р. Дон, и в 2015 г. сток составлял уже 12,70 км³. В силу вышесказанного мы отнесли период с 2007 по 2015 г. к маловодному, а предшествующие 1999–2001 и 2006 гг. охарактеризовали как средневодные годы.

Важнейшей гидрохимической характеристикой качества воды является концентрация биогенных соединений, определяющих общую биопродуктивность водного объекта. Показано, что снижение среднегодового объема стока р. Дон достоверно ($p < 0,01$) коррелирует с концентрацией азота аммонийного ($r = 0,52$) и азота нитратного ($r = 0,61$). Достоверной корреляционной взаимосвязи концентрации в воде общего азота и объема речного стока не установлено. Данный факт свидетельствует об увеличении органической компоненты азотсодержащих соединений в воде Нижнего Дона. При этом отмечена отрицательная корреляция объема стока с содержанием в воде общего фосфора ($r = -0,70$; $p < 0,01$) (рис. 1).

Сохранение общего азота на постоянном уровне обусловлено его органическими формами. Соотношение органической и минеральной форм биогенных элементов отражает направленность и интенсивность продукционных процессов. Значительное снижение доли минеральных форм азота при увеличении его органической составляющей

свидетельствует о высокой интенсивности процессов синтеза органического вещества и/или о поступлении аллохтонного органического вещества в речной сток.

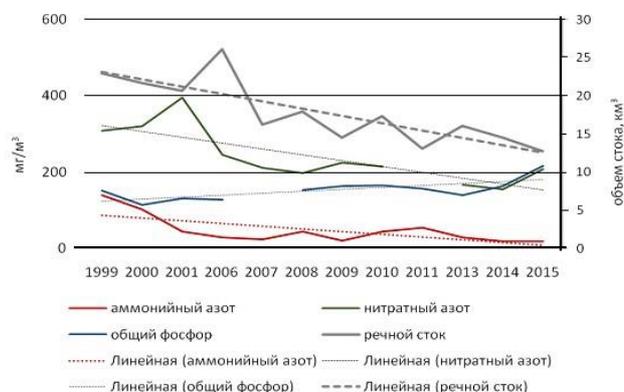


Рис. 1. Динамика изменения среднегодового объема стока р. Дон (км³) и концентраций в воде азота аммонийного, азота нитратного и общего фосфора (мг/м³) в воде Нижнего Дона в период с 1999 по 2015 г.

Fig. 1. Dynamics of changes in average annual volume of the Don R. water flow (km³) and in concentrations of ammonium nitrogen, nitrate nitrogen and total phosphorus (mg/m³) in the water of the Lower Don R. for the period from 1999 to 2015

Следует также обратить внимание на то, что соотношение основных биогенных элементов (общего азота и фосфора) в водоеме является определяющим фактором его трофности. Для олиготрофных и мезотрофных водных объектов характерно отношение общего азота к общему фосфору 30–40 : 1, для эвтрофных оно снижается до 20–25 : 1, для гиперэвтрофных — до 10–15 : 1, что подчеркивает определяющую роль фосфора в эвтрофировании [10].

По данной классификации, акватория Нижнего Дона относится к гиперэвтрофному водному объекту вследствие высокого содержания в воде общего фосфора, концентрация которого увеличивалась в маловодные годы (таблица). Наиболее высокая степень трофности р. Дон отмечена в 2015 г., когда на фоне наиболее низкого за период наблюдений объема годового стока (12,7 км³) отмечено резкое увеличение общего фосфора до многолетнего уровня (216 мг/м³) и снижение общего азота до 931 мг/м³. Данный факт является свидетельством того, что в условиях снижения объема речного стока отмечено повышение эвтрофирования р. Дон за счет накопления в воде соединений фосфора (таблица).

Содержание в воде общего азота и фосфора, а также их соотношение в воде р. Дон за период 1999–2015 гг.
Total nitrogen and phosphorus content in the Don R. water, as well as their ratios for the period from 1999 to 2015

Период исследований Research period	Среднегодовой объем речного стока, км ³ Average annual volume of river discharge, km ³	Общий азот, мг/м ³ Total nitrogen, mg/m ³	Общий фосфор, мг/м ³ Total phosphorus, mg/m ³	Соотношение общ. N/общ. P Total N/total P ratio
1999	22,95	1539	152	10,6
2000	21,67	1198	115	11,3
2001	20,68	1445	131	11,2
2006	26,14	1026	129	8,1
2007	16,25	1442	200	7,2
2008	17,89	1266	153	10,0
2009	14,46	1174	163	7,4
2010	17,36	1193	165	7,3
2011	13,04	1453	158	9,4
2013	16,08	1341	139	12,0
2014	14,53	1439	164	11,4
2015	12,70	931	216	4,7

При рассмотрении сезонной динамики биогенных соединений в нижнем течении р. Дон следует отметить увеличение концентрации азота аммонийного и азота нитратного в осенний период в среднемноговодные годы, что обусловлено активацией процессов минерализации органических веществ. В маловодные периоды достоверной сезонной динамики изменения среднего уровня аммонийного и нитратного азота в воде р. Дон не установлено. Концентрации общего азота и фосфора в воде р. Дон независимо от водности увеличивались в летне-осенний период, что свидетельствует об активных процессах фотосинтеза фитопланктона. Как в маловодные, так и в среднемноговодные годы доминирующей формой азота в воде р. Дон являлся азот нитратный (рис. 2).

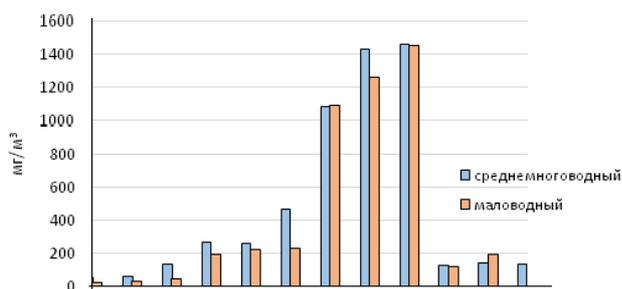


Рис. 2. Средние концентрации аммонийного, нитратного, общего азота и общего фосфора (мг/м³) в воде нижнего течения р. Дон в среднемноговодные и маловодные годы

Fig. 2. Average concentrations of ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, total nitrogen and total phosphorus (mg/m³) in the lower reaches of the Don R. in medium-water and low-water years

Однако следует отметить, что поступление в водный объект общего азота и фосфора, а также аммонийного азота может быть также обусловлено антропогенным загрязнением акватории сточными водами. Анализ концентраций данных соединений в районе сброса городской канализации г. Ростова-на-Дону и Азова показал отсутствие превышения ПДК аммонийного азота. Кроме того, уровень содержания в воде исследуемых показателей соответствовал средним значениям по другим станциям отбора проб, что опровергает факт локального загрязнения нижнего течения р. Дон сточными водами крупных городов (рис. 3). Наиболее высокие концентрации азота аммонийного отмечены в среднемноговодные периоды в районах устьев р. Сал, р. Маныч и пр. Аксай, где отмечено превышение ПДК азота аммонийного в осенний период 1999 г. в 1,2–1,9 раз. Данный факт обусловлен антропогенным загрязнением акватории.

Поскольку сток р. Дон оказывает непосредственное влияние на гидрохимический режим Азовского моря, для Таганрогского залива отмечена достоверная корреляционная взаимосвязь между объемом стока р. Дон и среднегодовым содержанием в воде нитратного азота ($r = 0,65$, $p < 0,01$), нитритного азота ($r = 0,73$, $p < 0,001$) и азота аммонийного ($r = 0,48$, $p < 0,05$). Установлено также, что в маловодный период в Таганрогском заливе отмечено снижение концентрации минерального фосфора на 46,4 % ($p < 0,05$) по сравнению со среднемноговодным периодом [11]. Вышесказанное подтверждает высокую взаимосвязь динамики биогенных элемен-

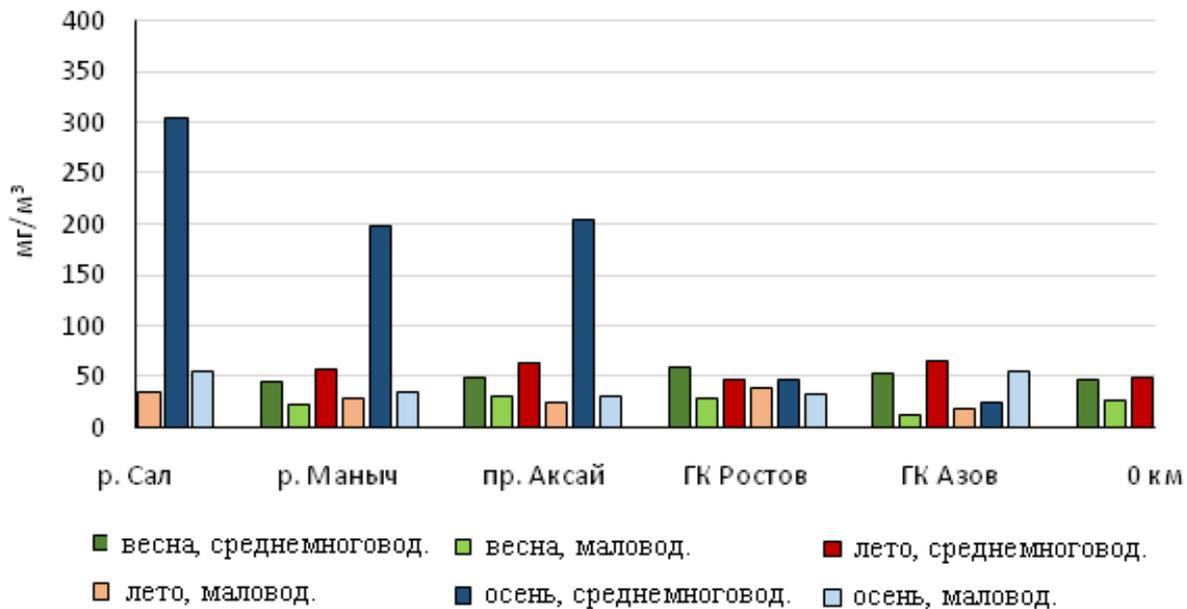


Рис. 3. Концентрация аммонийного азота (mg/m^3) в воде на разных участках р. Дон

Fig. 3. Concentration of ammonium nitrogen (mg/m^3) in water at various sites of the Don R.

тов в воде нижнего течения Дона и Таганрогского залива.

Оценить влияние снижения биогенных элементов в нижнем течении р. Дон на общую рыбопродуктивность Таганрогского залива можно по величине валовой первичной продукции, поскольку установленный еще Г.Г. Винбергом в 1960 г. [12] факт тесной положительной зависимости между первичной и рыбохозяйственной продукциями в водных объектах не теряет актуальности и в настоящее время.

Следует отметить, что на акватории собственно моря речной сток не является главным источником поступления биогенных веществ [13], поэтому концентрации минеральных форм азота и фосфора не коррелируют с объемом стока р. Дон [11]. Отмеченная тенденция незначительного снижения уровня первичной продуктивности в собственно море в маловодные годы связана, в большей степени, с увеличением солености воды, приводящей к изменению таксономических групп фитопланктона [14].

В ранее проведенных исследованиях З.В. Александровой (2000) показано, что тесная взаимосвязь между речным стоком Дона и первичной продукцией в Азовском море, наблюдаемая вплоть до начала 1980-х гг. [15, 16], с 1983 г. значительно ослабла вследствие глобальных климатических процессов в бассейне моря [17]. Подтверждением вышесказанному является установленная корреляционная взаимосвязь между объемом стока р. Дон и первичной продукцией в Таганрогском заливе. Показа-

но, что в период 1960–1982 гг. корреляционная зависимость составляла $r = 0,7262$ при $p < 0,001$, а в период 1983–2018 гг. — $r = 0,10682$ при $p = 0,5478$.

При статистическом анализе первичного продуцирования после 1983 г. были выбраны маловодные годы (с объемом среднегодового стока р. Дон менее 18 km^3) и многоводные-средневодные периоды (с объемом среднегодового стока р. Дон более 23 km^3). Показано, что уровень первичной продукции на акватории Таганрогского залива не и мел достоверных различий при разном объеме стока р. Дон, в частности он составлял 4,9 млн т/год в маловодный и 5,4 млн т/год — в многоводный-средневодный периоды.

При детальном анализе было установлено, что высокий уровень биопродуцирования отмечен в Таганрогском заливе в 2008 г. (9,3 млн т/год) и 2016 г. (10,0 млн т/год) на фоне низкого объема стока р. Дон (рис. 4). Интересным фактом явилось то, что в данные годы было отмечено развитие обширных заморных зон в придонном горизонте вследствие стратификации вод в заливе, что для данной акватории является достаточно редким явлением в силу определенных гидрологических условий и особенностей гранулометрического состава донных отложений. Тем не менее, вследствие дефицита кислорода на акватории Таганрогского залива в 2008 и 2016 гг., было отмечено значительное поступление биогенных веществ из донных осадков в воду. Пополнение водной толщи

биогенными соединениями вызвало вспышку цветения фитопланктона и высокий уровень первичного продуцирования органического вещества. Поэтому, исключив автохтонное поступление био-генных соединений и приняв во внимание только биопродуцирование на алохтонном речном стоке, было установлено, что уровень первичной продук-

ции в маловодные годы в Таганрогском заливе составил 4,2 млн т/год, что достоверно (Т-тест, $p < 0,05$) ниже, чем в многоводный-средневодный период (рис. 4).

Таким образом, в Таганрогском заливе относительно стабильный темп новообразования органического вещества фитопланктоном на фоне снижен-



* Исключено из статистического анализа для учета первичной продукции на алохтонном стоке

* Excluded from the statistical analysis for accounting of the primary production in allochthonous flow

Рис. 4. Уровень первичного продуцирования органического вещества фитопланктоном в Таганрогском заливе в маловодный и многоводный периоды, млн т/год

Fig. 4. Primary production of organic matter by phytoplankton in the Taganrog Bay during low-water and high-water periods, millions tons per year

ного речного стока поддерживается за счет рециклинга био-генных веществ при восстановительных условиях в придонном горизонте, а не за счет поступления био-генных соединений со стоком р. Дон. Исключив достаточно редкое явление формирования зон дефицита кислорода в придонном горизонте в Таганрогском заливе, отмечается снижение уровня первичного продуцирования в маловодные годы, что подтверждает важность стока р. Дон в снабжении залива био-генными веществами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, био-генный сток р. Дон в маловодные годы не имеет выраженной сезонной динамики, концентрации азота аммонийного и нитратного в воде достоверно коррелируют с объемом речного стока, доминирующей формой азота является азот нитратный. В районе влияния сточных вод крупных городов (г. Ростов-на-Дону, г. Азов) загрязнение минеральными формами азота р. Дон не установлено. Увеличение в воде органической

составляющей азотсодержащих соединений в маловодные годы является показателем высокой трофности акватории. В период снижения среднегодового объема стока р. Дон уровень первичного продуцирования органического вещества в Таганрогском заливе поддерживается за счет автохтонного поступления био-генных веществ. В условиях отсутствия рециклинга био-генных веществ, происходящего вследствие заморозов в Таганрогском заливе, отмечено снижение уровня первичного продуцирования в условиях низкой водности р. Дон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никаноров А.М. Региональная гидрохимия. Ростов-н/Д.: НОК, 2011. 389 с.
2. Экстренные экспедиционные экологические работы в акватории Нижнего Дона в октябре–ноябре 2012 г.: отчет / отв. исполн. О.В. Степаньян. Ростов-н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. 151 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Донской район / Под ред. М.С. Протасьева. Л.: Гидрометеиздат, 1973. Т. 7. 459 с.

4. Шеломов И.К., Соколова Е.В., Ивченко С.И. Биогенный сток Дона. Рыбохозяйственные исследования в Азовском бассейне по запасам рыб и условиям их обитания // Труды АзНИИРХ. 1963. Вып. VI. 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. РД 52.24.383-2005 Массовая концентрация аммиака и ионов аммония в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом в виде индофенолового синего. Ростов-н/Д.: Изд-во Росгидромет, Изд-во ГУ ГХИ, 2005. 36 с.
7. РД 52.24.523-2009 Массовая концентрация нитратов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с сульфаниламидом и N-(1-нафтил) этилендиамина дигидрохлоридом после восстановления в кадмиевом редуторе. Ростов-н/Д.: Изд-во Росгидромет, Изд-во ГУ ГХИ, 2009. 30 с.
8. РД 52.24.364-2007 Массовая концентрация общего азота в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом после окисления персульфатом калия. Ростов-н/Д.: Изд-во ГУ ГХИ, 2007. 39 с.
9. РД 52.24.387-2006 Массовая концентрация фосфора общего в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом после окисления персульфатом калия. Ростов-н/Д.: Изд-во Росгидромет, Изд-во ГУ ГХИ, 2007. 27 с.
10. Даценко Ю.С. Некоторые особенности эвтрофирования водохранилищ // Антропогенные изменения экосистем малых озер (причины, последствия, возможности управления). Кн. 1. СПб: Гидрометеоздат, 1991. С. 164–166.
11. Косенко Ю.В., Барабашин Т.О., Баскакова Т.Е. Динамика гидрохимических характеристик Азовского моря в современный период осолонения // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2017. № 3–1. С. 76–82.
12. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. Минск: Изд-во АН БССР, 1960. 329 с.
13. Воловик С.П., Корпакова И.Г., Лавренова Е.А., Темердашев З.А. Экосистема Азовского моря: режим, продуктивность, проблемы управления. Краснодар: Изд-во Кубанский гос. ун-т, 2010. 493 с.
14. 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.
15. Бронфман А.М., Дубинина В.Г., Макарова Г.Д. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря. М.: Пищевая промышленность, 1979. 288 с.
16. Бронфман А.М., Хлебников Е.П. Азовское море. Основы реконструкции. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 270 с.
17. Александрова З.В., Баскакова Т.Е., Ромова М.Г. Особенности гидрохимического режима и продуцирования первичного органического вещества в экосистеме в современный период // Гребневик (*Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения. Ростов-н/Д.: Изд-во БКИ, 2000. С. 145–172.

REFERENCES

1. Nikanorov A.M. Regional'naya gidrokimiya [Regional hydrochemistry]. Rostov-on-Don: NOK, 2011, 389 p. (In Russian).
2. Ekstrennye ekspeditsionnye ekologicheskie raboty v akvatorii Nizhnego Dona v oktyabre-noyabre 2012 g.: Otchet [Emergency environmental field studies in the Lower Don area in October-November 2012: Report]. O.V. Stepan'yan. (RO). Rostov-on-Don: SSC RAS Publ., 2012, 151 p. (In Russian).
3. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 7. Donskoy rayon* [Surface-water resources of the USSR. Vol. 7. The Don Region]. M.S. Pr otas'ev. (Ed.). Len in gr ad: Gidrometeoizdat [Hydrometeorological Publishing House], 1973, 459 p. (In Russian).
4. Shelomov I.K., Sokolova E.V., Ivchenko S.I. *Biogennyi stok Dona* [Biogenic flow of the Don River]. In: *Rybokhozyaystvennye issledovaniya v Azovskom bassejne po zapasam ryb i usloviyam ikh obitaniya: Trudy Azovskogo NII rybnogo khozyaystva* [Fisheries research of the fish stocks in the Azov Basin and their habitat. Scientific papers of the Azov Sea Research Fisheries Institute]. Rostov-on-Don: AzNIIRKH Publ., 1963, vol. 6, pp. 7–16. (In Russian).
5. Dubinina V.G., Zhukova S.V. Otsenka vozmozhnykh posledstviy stroitel'stva Bagayevskogo gidrouzla dlya ekosistemy Nizhnego Dona [Assessment of possible consequences of construction of the Bagayev hydroelectric complex for the Lower Don ecosystem]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries], 2016, no. 4, pp. 20–30. (In Russian).
6. RD 52.24.383-2005 Massovaya kontsentratsiya ammiaka i ionov ammoniya v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy fotometricheskim metodom v vide indofenolovogo sinogo [Mass concentration of ammonia and ammonium ions in water. Methodology of performing measurements using the photometric method by means of indophenol blue]. Rostov-on-Don: Rosgidromet [Rostov-on-Don] Publ., GU GKHI [Hydrochemical Institute] Publ., 2005, 36 p. (In Russian).
7. RD 52.24.523-2009 Massovaya kontsentratsiya nitratov v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy fotometricheskim metodom s sul'fanilamidom i N-(1-naftil) etilen diamina digidrokhloridom posle vosstanovleniya v kadmievom reduktore [Mass concentration of nitrate in water. Methodology of performing measurements using the photometric method with sulfanilamide and N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride after reduction in cadmium reductor]. [Mass

- concentration of nitrates in water. Methodology of performing measurements using the photometric method with sulfanilamide and N-(1-Naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride after reduction in a cadmium reduction unit]. Rostov-on-Don: Rosgidromet [Roshydromet] Publ., GU GKHI [Hydrochemical Institute] Publ., 2009, 30 p. (In Russian).
8. RD 52.24.364-2007 Massovaya kon tsentratsiya obshchego azota v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy fotometricheskim metodom posle okisleniya persulfatom kaliya [Mass concentration of total nitrogen in water. Methodology of performing measurements using the photometric method after oxidation with potassium persulfate]. Rostov-on-Don: GU GKHI [Hydrochemical Institute] Publ., 2007, 39 p. (In Russian).
 9. RD 52.24.387-2006 Massovaya kontsentratsiya fosfora obshchego v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy fotometricheskim metodom posle okisleniya persulfatom kaliya [Mass concentration of total phosphorus in water. Methodology of performing measurements using the photometric method after oxidation with potassium persulfate]. Rostov-on-Don: Rosgidromet [Roshydromet] Publ., GU GKHI [Hydrochemical Institute] Publ., 2005, 27 p. (In Russian).
 10. Datsenko Yu.S. *Nekotorye osobennosti evtrofirovaniya vodokhranilishch* [Some specific features of eutrophication in reservoirs]. In: *Antropogennye izmeneniya ekosistem malykh ozer (prichiny, posledstviya, vozmozhnosti upravleniya). Kn. 1* [Anthropogenic changes in ecosystems of small lakes (reasons, consequences, manageability). Vol. 1]. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat [Hydrometeorological Publishing House], 1991, pp. 164–166. (In Russian).
 11. Kosenko Yu.V., Barabashin T.O., Baskakova T.E. Dinamika gidrokhimicheskikh kharakteristik Azovskogo morya v sovremennyy period osoloneniya [Dynamics of hydrochemical characteristics of the Sea of Azov in modern period of salinization]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya estestvennye nauki* [University News. North Caucasian Region. Natural Sciences Series], 2017, no. 3–1, pp. 76–82. (In Russian).
 12. Vinberg G.G. *Pervichnaya produktsiya vodoemov* [Primary production in water bodies]. Minsk: AS of the BSSR Publ., 1960, 329 p. (In Russian).
 13. Volovik S.P., Kor pakova I.G., Lavrenova E.A., Temerdashev Z.A. *Ekosistema Azovskogo morya: r ezh im, pr oduktivn ost', pr oblemy upr avlen iya* [Ecosystem of the Azov Sea: regime, productivity, management problems]. Krasnodar: Kuban State University Publ., 2010, 493 p. (In Russian).
 14. Volovik S.P., Kor pakova I.G., Naletova L.Yu., Barabashin T.O. *Fitoplankton i ego izmeneniya v yugo-vostochnom rayone Azovskogo morya letom 2007–2014 godov* [Phytoplankton and its changes in the south-eastern part of the Sea of Azov in summer seasons of 2007–2014]. *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse* [Environmental protection in oil and gas complex], 2015, no. 11, pp. 21–27 (In Russian).
 15. Bronfman A.M., Dubinina V.G., Makarova G.D. *Gidr ologich eskie i gidr okh imich eskie osn ovy produktivnosti Azovskogo morya* [The hydrological and hydrochemical basics of the Azov Sea productivity]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry], 1979, 288 p. (In Russian).
 16. Bronfman A.M., Khlebnikov E.P. *Azovskoe more. Osnovy rekonstruktsii* [The Azov Sea. The reconstruction basics]. Leningrad: Gidrometeoizdat [Hydrometeorological Publishing House], 1985, 270 p. (In Russian).
 17. Aleksandrova Z.V., Baskakova T.E., Romova M.G. *Osoben nosti gidr okh imich eskogo r ezh ima i pr odutsir ovan iya per vich n ogo organ ich eskogo veshchestva v ekosisteme v sovremennyy period* [Particular features of the hydrochemical regime and production of primary organic matter in ecosystems in the present-day period]. In: *Grebnevik Mnemiopsis leidy (A. Agassiz) v Azovskom i Chernom moryakh: biologiya i posledstviya vseleniya* [Ctenophore Mnemiopsis leidy (A. Agassiz) in the Sea of Azov and the Black Sea: Biology and aftereffects of the invasion]. Rostov-on-Don: VKI [Bataysk Book Publisher], 2000, pp. 145–172. (In Russian).

Поступила 17.05.2018

Принята к печати 09.11.2018