
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ (НАУКИ О ЗЕМЛЕ)

УДК 551.465

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРЕСНЫХ РЕЧНЫХ ВОД Р. ДОН И ОСОЛОНЕННЫХ ВОД ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА АЗОВСКОГО МОРЯ

© 2016 г. К.С. Григоренко¹, А.Ю. Московец², Г.Г. Аршакян³, А.С. Мирко³

Аннотация. В начале XXI века исследования гидрологического режима устьевой области Дона приобретают особую актуальность. Это связано с изменениями режимов атмосферной циркуляции в европейской части России, влекущими за собой уменьшение объема стока Дона и осолонение Таганрогского залива Азовского моря. По результатам экспедиционных исследований Азово-Донского морского канала на разрезе от устья р. Дон до траверса Очаковской косы и проток дельты р. Дон с помощью стандартных океанографических методов изучена термохалинная структура авандельты р. Дон с целью построения модели циркуляции вод устьевой области Дона. На расстоянии 6 км от устья Дона был зарегистрирован гидрологический фронт с максимальными градиентами солёности. Максимальная солёность составила 2,4 PSU, получена в районе Очаковской косы. Схема течений имела комплексный характер: стоковая составляющая дополнена дрейфовой и геострофической.

Ключевые слова: термохалинная структура, р. Дон, Таганрогский залив, Азовское море, сгонно-нагонные явления.

ON THE INTERACTION BETWEEN THE DON RIVER FRESH WATER MASSES AND THE BRACKISH WATER MASSES OF THE TAGANROG BAY OF THE SEA OF AZOV

K.S. Grigorenko¹, A.Yu. Moskovets², G.G. Arshakyan³, A.S. Mirko³

Abstract. Hydrology mode investigations in the Don River mouth area in the early 21st century become of vital importance due to the changes in atmosphere circulation mode over European Russia causing the Don River runoff volume decrease and the salinity increase of the Taganrog Bay of the Sea of Azov based on the expeditionary research results of Azov-Don shipping canal vertical profiling from the Don River mouth to the Ochakovskaya Spit and the Don Delta streams, applying standard oceanography methods, thermohaline structure of the river Don mouth reach is investigated for the purpose of constructing a model of water circulation in the river Don River mouth and Taganrog Bay coastal areas. Hydrological front with the maximum salinity gradients was registered in the distance of 6 kilometers from the mouth of the Don River. Salinity was 2.4 PSU, obtained in the area of the Ochakovskaya Spit. The scheme of currents was comprehensive: the runoff component was supplemented by drift and geostrophic components.

Keywords: thermohaline structure, Don River, Taganrog Bay, Sea of Azov, tide-surge phenomena.

¹Институт аридных зон Южного научного центра Российской академии наук (Institute of Arid Zones, Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: klim_grig@mail.ru.

²Южный 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.

³Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета (Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation), Российская Федерация, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7-9.

Экологический режим устьевой области Дона, границы которой простираются от косы Долгой Азовского моря до станицы Раздорской, имеет огромное влияние на хозяйственную деятельность и на жилищно-коммунальные условия проживания населения прибрежных территорий.

Таганрогский залив Азовского моря – эстуарная экосистема, отличающаяся высокой биопродуктивностью и динамичным протеканием гидрологических процессов. Граница раздела между осолоненными водами Азовского моря и богатыми биогенными веществами водами р. Дон может колебаться в значительных пространственных пределах, в зависимости от преобладающего направления ветра. Процессы перемешивания значительно осложняются сгонно-нагонными явлениями, порой принимающими катастрофический характер.

Вторую половину XX в. Таганрогский залив испытывал небывалое антропогенное влияние в связи с вводом в строй Цимлянского гидроузла, кардинально изменившего гидрологический и, как следствие, гидробиологический режим реки Дон. В связи с развитием сельского хозяйства и ростом городов значительно возрос уровень водопотребления, а рыбные ресурсы Дона и Таганрогского залива были истощены бесконтрольным выловом. Первые десятилетия XXI в. характеризуются малым стоком Дона и кардинальной перестройкой схемы циркуляции воздушных масс [1; 2]. Кроме того, в устьевой части Дона отмечается увеличение числа разрушительных нагонных явлений [3; 4]. Так, во время нагона 24 сентября 2014 г. уровень воды поднялся более чем на 3 м и соленые воды Азовского моря на несколько дней попали в водозаборы г. Азова. Наиболее современная схема циркуляции вод Таганрогского залива была опубликована в 1984 г., она основана на недостаточных и разрозненных данных и дает лишь самое общее представление о движении вод взморья [5; 6]. Поэтому, учитывая значительно изменившиеся условия, требуется построить новую схему циркуляции, и статистика последствий стихийных бедствий в дельте Дона это подтверждает.

В настоящей статье рассматриваются пути затоков соленых морских вод по наиболее глубоким гирлам дельты Дона. Экспедиционные выходы были выполнены 26 и 30 июня 2015 г. в протоки дельты Дона и участка Таганрогского залива по судовому ходу до траверса Очаковской косы, на расстоянии 10 км от устья Дона, силами маломерного флота Южного научного центра РАН. На разрезе между гидрометеорологическим постом ЮНЦ РАН «Взморье» (47°04,02' с.ш., 39°09,54' в.д.)

и первым створом Азово-Донского морского канала (АДМК) (47°05,4' с.ш., 39°09,66' в.д.) была выполнена серия вертикальных STD-профилирований с целью исследования наличия минерализованных вод Таганрогского залива в наиболее глубокой части устьевого взморья р. Дон – Азово-Донском морском канале, где глубины достигают 5 м.

Различие химического состава морских осолоненных вод Таганрогского залива и пресных речных вод р. Дон, осложняет исследования. Основным ионом, содержащимся в морских водах, является хлорид-ион, а в речных – гидрокарбонат-ион, что не позволяет напрямую сравнивать показатели солености вод, рассчитанных по электропроводности, поскольку эти ионы имеют разную электрическую подвижность. В водах Таганрогского залива, исследованных в районе Павло-Очаковской косы, основным анионом является хлорид-ион, поэтому соленость, рассчитанную по электропроводности, в этих водах можно называть практической соленостью (PSU – Practical Salinity Unit). Для вод с другим химическим составом подобный подход некорректен, однако позволяет выяснить расположение гидрологических фронтов и зон смешения вод с разной термohалинной структурой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Профилирование выполнялось STD-зондом SeaSun CTD-90. Максимальная достигнутая глубина составила 5,9 м на станции 7 (30 июня 2015 г.). Полученные данные обрабатывались при помощи программного обеспечения фирмы-производителя зонда Sea & Sun – Technology's Standard Data Acquisition. Картографическая обработка проведена с помощью пакета ArcGIS. Значения температуры колебались 26 июня 2015 г. в диапазоне 25,2 °C (ст. 10)–26,5 °C (ст. 4); 30 июня 24 °C (ст. 11)–26,2 °C (ст. 7). Показатели солености составили от ≈0,5 PSU (практически повсеместно в протоках дельты) до 2,4 PSU (26 июня на станции 11 в районе Очаковской косы). На рис. 1 представлена схема расположения экспедиционных станций во время полевых исследований 26 и 30 июня 2015 г.

ДАННЫЕ ПОЛИГОНОВ НАБЛЮДЕНИЙ

Исследования, проведенные 26 июня 2015 г., показали наличие гидрологического фронта, разделяющего воды р. Дон и водную массу Таганрогского залива. Максимальный градиент солености расположен в районе гидрометеорологического поста

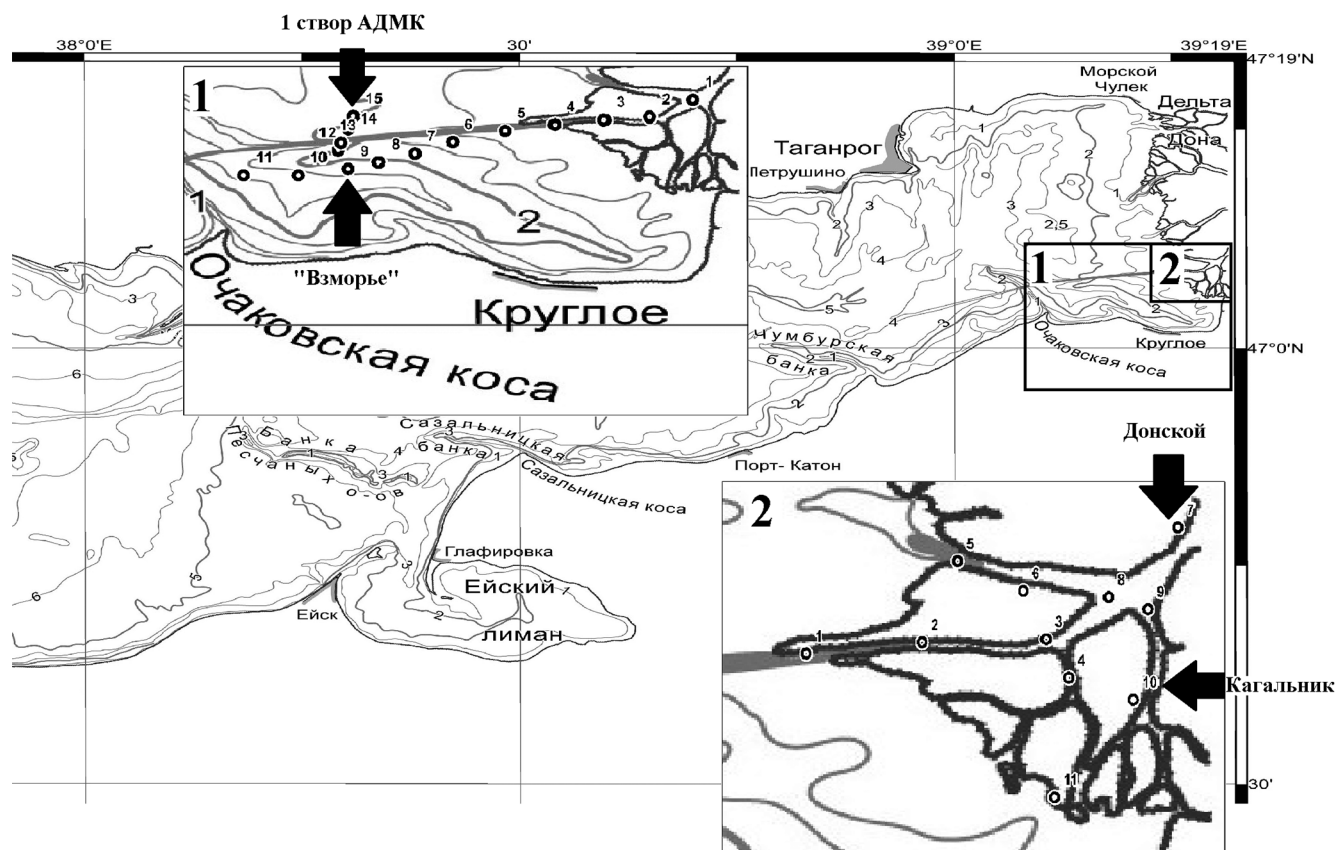


Рис. 1. Схема расположения станций во время экспедиционных исследований в дельте Дона 26 (1) и 30 (2) июня 2015 г. Здесь и на рис. 3 целые числа — номера станций

Fig. 1. Stations location scheme during the field investigations in the Don River Delta (26 and 30 of June 2015)

ЮНЦ РАН «Взморье», на расстоянии 6 км от устья р. Дон. На этом промежутке практическая соленость возрастает от 0,6 до 1,2 PSU, далее, от станции 9 («Взморье») до станции 11, дальней станции разреза, расположенной на траверсе Очаковской косы, минерализация возрастает до 2,5 PSU. Воды Таганрогского залива отличаются от вод р. Дон и по температуре, на промежутке от устья и до гидрометпоста «Взморье» температура воды падает более чем на 1 °C, основной градиент температуры расположен в районе устья, где температура снижается с 26,05 до 25,6 °C (рис. 2).

На разрезе гидрометпост «Взморье» – первый створ АДМК было обнаружено, что минерализованные воды составляют ядро водной массы судходного канала, ось соленой водной массы под воздействием силы Кориолиса сдвинута к южной границе канала, значения минерализации достигают максимального значения 1,76 PSU в придонном горизонте, 1,72 PSU в приповерхностном. Температура изменяется в пределах 25,02–25,8 °C в направлении от гидрометпоста «Взморье» в сторону первого створа АДМК. Наблюдается температур-

ная стратификация, более ярко выраженная в районе первого створа АДМК, со слоем скачка температуры на глубине 1 м и перепадом температуры с 25,7 до 25,58 °C.

СТД-съемка 30 июня 2015 г. зарегистрировала присутствие преимущественно пресных речных вод в протоках дельты р. Дон, на южном морском крае дельты было отмечено незначительное повышение минерализации и понижение температуры воды.

Во время экспедиционных съемок преобладал юго-восточный ветер со скоростью 5–7 м/с, который дополнил геострофическую составляющую направления речного течения (из р. Дон) и течения морского (из Таганрогского залива), что отразилось на гидрологической ситуации: речные, более теплые и пресные воды под воздействием вращения Земли и юго-восточного ветра занимали северные исследованные рукава дельты и далее, в Таганрогском заливе также отклонялись в северном направлении; их место занимали относительно более холодные и минерализованные воды Таганрогского залива (рис. 2, 3).

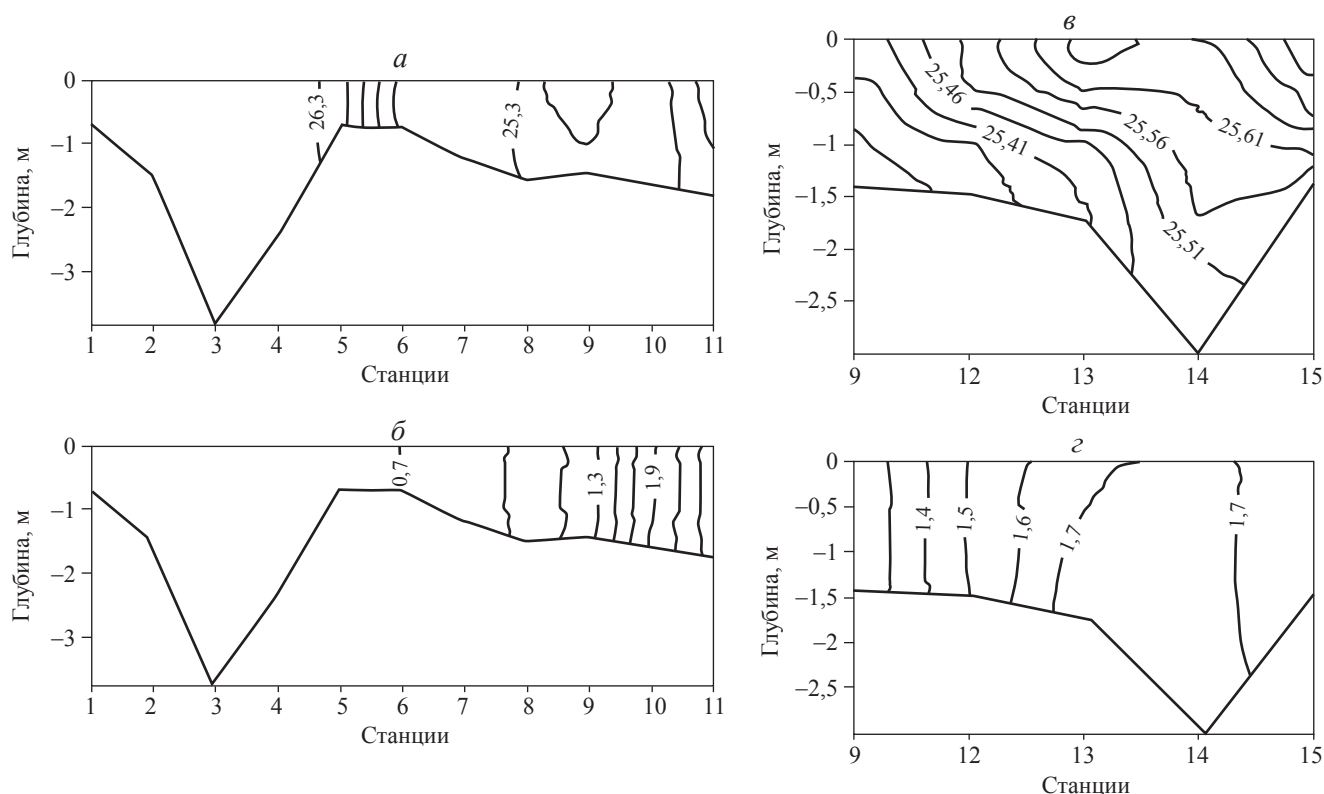


Рис. 2. Вертикальные разрезы по температуре (а, в) и солёности (б, г) во время экспедиционных исследований в дельте Дона 26 июня в Таганрогском заливе (а, б) и на станциях 9, 12–15 (в, г)

Fig. 2. Temperature and salinity vertical profiles during the field investigations in the Don River Delta (26 June 2015)

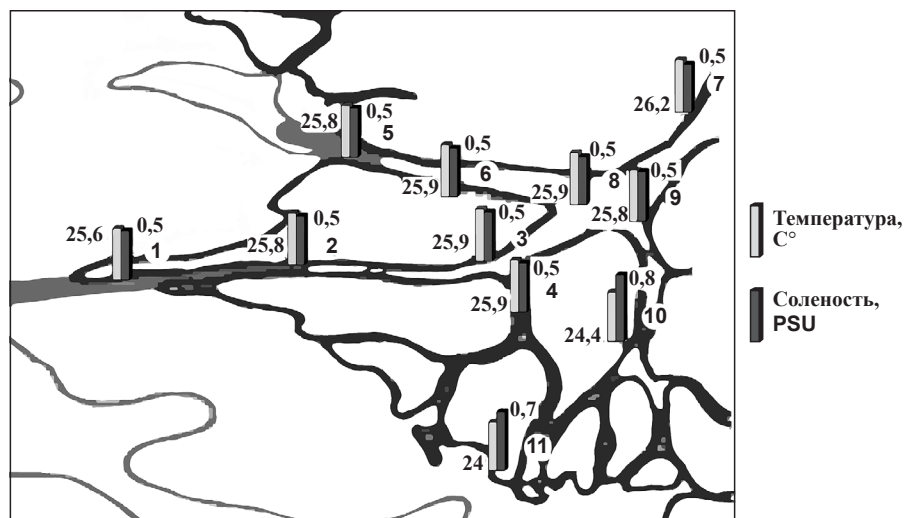


Рис. 3. Показатели температуры (а) и солёности (б) во время экспедиционного выхода 30 июня 2015 г.

Fig. 3. Temperature and salinity bar charts during the expedition of 30 June 2015

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Проведенные 26 и 30 июня 2015 г. исследования в Таганрогском заливе в рукавах дельты Дона позволили описать гидрологическую обстановку в условиях юго-восточного ветра. Основной гидроло-

гический фронт, разделяющий пресные речные воды Дона и соленые воды Таганрогского залива, расположен на расстоянии 6 км от устья Дона. Максимальная зарегистрированная солёность составила 2,4 PSU в районе Очаковской косы. Схема течений устьевой области Дона имела комплексный характер: стоковое течение р. Дон под воздействием силы Кориолиса и юго-восточного ветра отклонялось на север; южные рукава дельты заполнялись более солеными и холодными морскими водами, на поток которых в свою очередь также влияла сила вращения Земли и отклоняла его к югу. Наблюдения [3–7]

показывают, что схема циркуляции течений устьевой взморья Дона существенно зависит от силы и преобладающего направления ветра, данное исследование проведено в типичных для летнего сезона условиях ветров восточной составляющей и в условиях маловодности Дона, граница разде-

ла пресных и морских вод прижата максимально близко к устью Дона. В периоды сильных сгонов и нагонов схема циркуляции течений и расположение гидрологических фронтов кардинально меняются, полевые исследования в период действия этих экстремальных явлений – важнейшее направление для дальнейших исследований.

Авторы выражают благодарность академику РАН Г.Г. Матишову и к.г.н. А.В. Клещенкоу за поддержку работы на всех этапах, а также сотрудникам Береговой научно-экспедиционной базы ЮНЦ РАН «Кагальник» за помощь в организации экспедиционных выходов в Таганрогский залив и дельту Дона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаргопа Ю.М. 2003. Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря. Дис. ... д-ра геогр. наук. Мурманск: 467 с.
2. Гаргопа Ю.М. 2012. Азовское море в условиях изменений климатообразующих процессов и антропогенных воздействий. В кн.: *Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна*. Отв. ред. Д.Г. Матишов. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 21–40.
3. Матишов Г.Г. 2015. Керченский пролив и дельта Дона: безопасность коммуникаций и населения. *Вестник Южного научного центра*. 11(1): 6–15.
4. Матишов Г.Г., Клещенко А.В., Григоренко К.С. 2014. Эксперимент по исследованию океанологических параметров нагона на устьевом взморье Дона. В кн.: *Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования*. Экология. Экономика. Информатика (7–12 сентября 2014 г.). Ростов н/Д, изд-во ЮФУ: 293–297.
5. Пономаренко Е.П., Сорокина В.В., Бирюков П.А. 2012. Сгонно-нагонные явления в дельте реки Дон в 2007–2010 гг. и их прогнозирование. *Вестник Южного научного центра*. 8(1): 28–37.
6. Байдин С.С. (ред.). 1984. *Гидрология устьев рек*. М., Гидрометеиздат: 159 с.
7. Самойлов И.В. 1952. *Устья рек*. М., Географгиз: 528 с.

REFERENCES

1. Gargopa Yu.M. 2003. *Krupnomasshtabnye izmeneniya gidrometeorologicheskikh usloviy formirovaniya bioproduktivnosti Azovskogo morya*. Dis. ... d-ra geogr. nauk. [Large-scale changes in meteorological conditions of formation of the Sea of Azov bio-productivity. Doctor's Thesis]. Murmansk: 467 p. (In Russian).
2. Gargopa Yu.M. 2012. [The Sea of Azov under the conditions of changes of climate-formation processes and anthropogenic impacts]. In: *Ekosistemnye issledovaniya sredy i bioty Azovskogo basseyna*. [Ecosystem investigations of environment and biota of the Sea of Azov basin]. D.G. Matishov (Ed.). Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers: 21–40. (In Russian).
3. Matishov G.G. 2015. [The Kerch Strait and the Don Delta: the security of communications and population]. *Vestnik Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra*. 11(1): 6–15. (In Russian).
4. Matishov G.G., Kleshchenkov A.V., Grigorenko K.S. 2014. [The experiment on the investigation of wind surges oceanology parameters in the Don River mouth area]. In: *Azovskoye more, Kerchenskiy proliv i predprolivnye zony v Chernom more: problemy upravleniya pribrezhnymi territoriyami dlya obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya*. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika* (7–12 sentyabrya 2014). [The Sea of Azov, the Kerch Strait and near-strait zones in the Black Sea: coastal territories management problems for environmental securing and rational nature exploitation. Ecology. Economics. Information Science]. Rostov-on-Don, Southern Federal University Publishers: 293–297. (In Russian).
5. Ponomarenko E.P., Sorokina V.V., Biryukov P.A. 2012. [Wind surges in the Don River delta in 2007–2010, research and prediction]. *Vestnik Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra*. 8(1): 28–37. (In Russian).
6. Baydin S.S. (Ed.). 1984. *Gidrologiya ust'ev rek*. [River mouths hydrology]. Moscow, Gidrometeoizdat Publishers: 159 p. (In Russian).
7. Samoylov I.V. 1952. *Ust'ya rek*. [River mouths]. Moscow, Geografiz Publishers: 528 p. (In Russian).

Поступила 28.07.2015