

УДК 551.465

DOI 10.18522/0321-3005-2015-3-96-102

О СВЯЗИ СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ И ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПО ПРОФИЛЮ РЕКА ДОН – АЗОВСКОЕ МОРЕ*

© 2015 г. И.В. Доценко, Ю.А. Федоров, А.В. Михайленко, Л.Ю. Дмитрик

Доценко Ирина Владимировна – кандидат географических наук, доцент, кафедра физической географии, экологии и охраны природы, Институт наук о Земле Южного федерального университета, ул. Зорге, 40, г. Ростов н/Д, 344090, e-mail: irinageo@mail.ru

Федоров Юрий Александрович – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии, экологии и охраны природы, Институт наук о Земле Южного федерального университета, ул. Зорге, 40, г. Ростов н/Д, 344090, e-mail: fedorov@sfedu.ru

Михайленко Анна Владимировна – преподаватель, кафедра физической географии, экологии и охраны природы, Институт наук о Земле Южного федерального университета, ул. Зорге, 40, г. Ростов н/Д, 344090, e-mail: mikhailenkoanna@gmail.com

Дмитрик Леонид Юрьевич – аспирант, кафедра физической географии, экологии и охраны природы, Институт наук о Земле Южного федерального университета, ул. Зорге, 40, г. Ростов н/Д, 344090, e-mail: dimikarmy13@inbox.ru

Dotsenko Irina Vladimirovna – Candidate of Geographical Science, Associate Professor, Department of Physical Geography, Ecology and Environment Protection, Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University, Zorge St., 40, Rostov-on-Don, 344090, Russia, e-mail: irinageo@mail.ru

Fedorov Yuri Aleksandrovich – Doctor of Geographical Science, Professor, Head of Department of Physical Geography, Ecology and Environment Protection, Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University, Zorge St., 40, Rostov-on-Don, 344090, Russia, e-mail: fedorov@sfedu.ru

Mikhailenko Anna Vladimirovna – Lecturer, Department of Physical Geography, Ecology and Environment Protection, Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University, Zorge St., 40, Rostov-on-Don, 344090, Russia, e-mail: mikhailenkoanna@gmail.com

Dmitrik Leonid Yuryevich – Post-Graduate Student, Department of Physical Geography, Ecology and Environment Protection, Institute of Earth Sciences of the Southern Federal University, Zorge St., 40, Rostov-on-Don, 344090, Russia, e-mail: dimikarmy13@inbox.ru

Выполнены исследования по изучению тесноты связи содержания валовой ртути и C_{org} в донных отложениях по профилю река Дон – Азовское море. Пробы донных отложений отбирались с помощью грунтовой трубки с борта судна в летний и осенний сезоны, характеризующиеся различной гидрометеорологической обстановкой. Во время летнего рейса в поверхностном слое донных отложений среднее содержание ртути в Азовском было меньше, чем в осенний сезон. Эти результаты согласуются с содержанием органического вещества и ртути в донных осадках в целом моря и подтверждают ранее полученными коэффициентами корреляции между данными ингредиентами. Они относительно высоки, составляя в среднем 0,65 для всего моря и 0,93 для Таганрогского залива, что подтверждает значительную роль органического вещества как фактора аккумуляции ртути в донных отложениях. Установлено, что концентрации ртути, как правило, возрастают в донных отложениях с ростом концентрации глинистой фракции и органического вещества различного генезиса. Между содержанием валовой ртути и C_{org} наблюдается тесная корреляция, которая может нарушаться под влиянием гидродинамического фактора.

Ключевые слова: Таганрогский залив, Азовское море, донные отложения, органическое вещество, ртуть.

The studies of the correlation strength of the content of total mercury and the C_{org} in the bottom sediments of the profile of the Don River and Azov Sea were performed. Sediment samples were collected using a soil tube from the vessel in the summer and autumn seasons, characterized by different hydro-meteorological conditions. During the summer flight in the surface layer of bottom sediments, the average content of mercury in Azov was less than in the fall season. These results are consistent with the content of organic matter and mercury in the bottom sediments in general, the sea and confirmed the previously obtained correlation coefficients between these ingredients. They are relatively high, averaging of 0,65 for all sea and 0,93 for the Taganrog Bay, which confirms the significant role of organic matter as a factor of accumulation of mercury in sediments. Found that mercury concentrations generally increased in the sediments with increasing concentration of clay fraction and organic matter of different origin. Between total mercury content and the C_{org} is a close correlation, which can be broken under the influence of hydrodynamic factors.

Keywords: Taganrog Bay, Azov Sea, bottom sediments, organic matter, mercury.

Введение

Биологическая продуктивность Азовского моря определяется уникальным сочетанием физико-

географических, гидрологических и экологических условий. На протяжении десятков лет этот водоем занимает одно из первых мест по величине продукции органического вещества (ОВ). Оно играет ве-

*Работа выполнена при финансовой поддержке проектов № 1334, 5.1848.2014/К.

душую роль в круговороте химических элементов, в том числе такого токсичного тяжелого металла, как ртуть. Высвобождаясь в результате жизнедеятельности и при отмирании гидробионтов разных трофических уровней, ОВ оказывает существенное влияние на водную среду и донные отложения, предопределяя характер и направленность многих гидрохимических процессов. Органическое вещество является активным участником седиментационного и раннедиагенетического циклов тяжелых металлов и биогенных компонентов, а также контролирует состав газов и их режим на границе раздела «вода – донные отложения» [1]. Ртуть легко вступает с ним во взаимосвязь как посредством сорбции на поверхности частиц, так и путем формирования органоминеральных комплексов. В связи с этим процессы осаждения и накопления в донных отложениях органического вещества и ртути в Азовском море происходят в значительной степени сопряженно, а распределение их концентраций имеет сходный характер [2].

Целью настоящей работы является изучение тесноты связи содержания органического вещества и ртути в донных отложениях в акватории моря и сопряженного в координатах пространство – время поведения этих компонентов в различных гидрометеорологических обстановках. Такая возможность представилась во время проведения экспедиции 2006 г., когда отбор проб производился в летний сезон – во время затяжного шторма и в осенний – при относительном затишье.

Материалы и методы

Для отбора проб донных осадков в летний и осенний сезоны 2006 г. в Азовском море были проведены комплексные экспедиционные исследования [3]. На 20 станциях мониторинга с борта судна БГК-244 в соответствии с методикой [4] при помощи грунтовой трубки конструкции ГОИН длиной 1 м были отобраны образцы донных отложений (рис. 1). В случае с песчаными и ракушечными отложениями отбор производился дночерпателем «Океан-0.025». Содержание растворенной и взвешенной форм органического вещества в водной толще определялось с помощью высокотемпературного анализатора органического углерода ТОС-5000А [5]. Органическое вещество донных отложений определялось методом Тюрина в модификации ЦИНАО и пересчитывалось на органический углерод ($C_{орг}$) [6, 7]. Определение валового содержания ртути было проведено атомно-абсорбционной спектроскопией методом холодного пара аналитиком А.М. Аникановым по методике, описанной в работе [8].

Результаты и их обсуждение

В настоящей работе обсуждаются только результаты определения содержания органического углерода и ртути в поверхностном слое донных осадков мощностью 0–5 см. Это обусловлено тем, что, во-первых, этот слой является переходным между придонным горизонтом воды и более глубоко залегающими донными осадками; во-вторых, он в наибольшей степени отражает современное экологическое состояние донных отложений; в этой связи, в-третьих, он (или слой мощностью 0–2 см) является основным объектом мониторинга научных и производственных организаций. Однако именно данный редокс-слой подвергается взмучиванию во время штормов, и, следовательно, важно знать, в какой степени полученную информацию можно считать достоверной. Ведь оголяющийся во время сгонно-нагонных явлений нижний подповерхностный слой (5–10 см) содержит ингредиенты, захороненные в осадке в другое время. Сведения по содержанию органического углерода в донных отложениях взяты из работы Ю.А. Федорова и др. [1]. Для получения усредненных характеристик распределения содержания $C_{орг}$ и ртути по оси Таганрогского залива и открытой акватории российского сектора Азовского моря были проложены два профиля через станции 42, 0, 32, 1, 3, 6, 9, 27, 15, 17, 18 в летний период и 0, 32, 3, 6, 9, 26, 22, 17, 18 – в осенний (рис. 1).

Анализ данных показал, что интервал колебаний концентраций взвешенного $C_{орг}$ составлял в июле 0,32–1,70 мг/л, а в сентябре – 1,13–2,58. Согласно [1, 9], содержание взвешенного органического углерода в воде существенно изменяется в зависимости от района Азовского моря и гидрометеорологической обстановки, наблюдаемой в периоды отбора проб. В донных отложениях в июле содержание $C_{орг}$ колебалось от 0,29 до 2,64 % сухой массы (с.м.), составляя в среднем 1,1 % с.м. В сентябре концентрации изменялись от 0,34 до 3,19 % с.м., что в среднем составило 1,46 % с.м. [1]. Увеличение содержания органического углерода в поверхностном горизонте донных отложений при одновременных колебаниях его концентраций во взвеси вызвано течением двух разнонаправленных процессов. С одной стороны, это возрастание количества, поступающего $C_{орг}$ в составе осаждающейся взвеси в сентябре, с другой – его снижение вследствие перехода органического вещества в водную толщу во время продолжительного шторма в июле. Это подтверждается своеобразием распределения органического углерода по профилю донных отложений. В июле отмечен крайне сложный характер распределения концентраций в поверхностном горизонте на глубине 0,0–

5,0 см, в то время как в сентябре явно заметны максимум содержания на поверхности и убывание величин с глубиной, что объяснимо сезонным поступлением органического углерода из водной толщи осадков, а также затуханием активной гидродинамики. Состав органического вещества, поступающе-

го в этот период на морское дно, своеобразен. Это вещество, синтезированное планктонными организмами, а также в разной степени преобразованное в донных отложениях, в том числе вследствие протекания процессов деструкции, в придонном слое водной толщи при взмучивании [10].

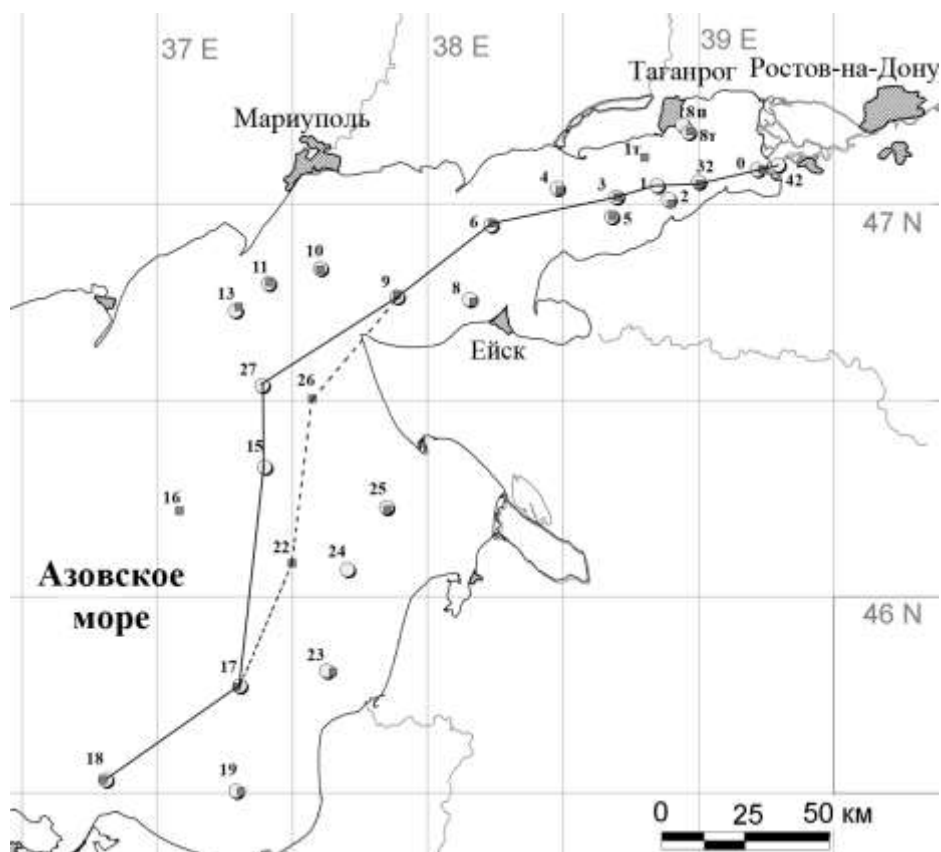


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб в летний (—) и осенний (---) периоды проведения экспедиции

Как правило, максимальные значения содержания органического углерода в донных отложениях были приурочены к глинистым илам, а минимальные – к пескам и крупным алевритам [9]. Кроме того, относительно высокие концентрации S_{org} отмечены на ракушнях, что можно объяснить накоплением обогащенных органическим веществом продуктов жизнедеятельности моллюсков. Так, наибольшие концентрации S_{org} наблюдаются в юго-восточной части бассейна, а также в районе, пограничном между Таганрогским заливом и собственно Азовским морем. Также прослеживается закономерность убывания содержания S_{org} по мере удаления станции отбора проб от берега. Это связано с сокращением биомассы фитопланктона, так как наиболее бурное его развитие наблюдается в

самой мелководной, прибрежной части Азовского моря. Как видно из рис. 2, распределение S_{org} отличается неравномерностью, в летний период во время шторма его содержание увеличивается от устья р. Дон к Таганрогскому заливу от 0,32 до 1,31 % с.м., т.е. в 4 раза. В самом же заливе значения варьируют от 0,86 до 1,71 % с.м., а в его гирле происходит снижение до 0,65 %. В Азовском море отмечается увеличение содержания к Керченскому проливу в среднем в 2 раза, от 0,97 до 2,24 % с.м.

Так же как и летом, в осенний период отмечается понижение содержания к гирле Таганрогского залива от 1,53 до 0,34 % с.м., т.е. в 4,5 раза. Собственно в море картина распределения другая по сравнению с летним сезоном, несмотря на увеличение количества S_{org} от 0,97 до 3,19 % с.м., отмеча-

ется снижение концентрации к Керченскому предпроливью до 2,03 % с.м. на станции № 18 (рис. 1, 2). В целом особенностью распределения содержания органического вещества по разрезу река Дон – Азовское море является его плавное возрастание как в летний, так и осенний сезоны в направлении река Дон – Таганрогский залив – Азовское море [1, 2]. Данный вывод хорошо согласуется с результатами, полученными ранее в работе [11], которые в свою очередь подтвердили сведения Т.И. Горшковой [12] о том, что общее количество углерода тесно связано с содержанием пелитовой фракции. При штормовых ветрах происходит диспергирование верхнего слоя донных осадков в Таганрогском заливе и мелководных участках собственно Азовского моря. При северо-восточных ветрах наблюдается вынос органоминерального взвешенного вещества из Таганрогского залива в открытое море, где и происходит его накопление. Юго-западные штормовые ветры в меньшей степени способствуют переносу взвешенного материала, но уже наоборот – в Таганрогский залив. В безветренную погоду идет седиментация взвеси во всех частях Азовского моря, которая контролируется системой течений. Это указывает на важную роль динамики водных масс, которая осуществляет массоперенос органического и минерального вещества из одной части моря в другую. Фактически во время шторма, когда резко

возрастает концентрация взвеси [13], вся водная масса залива представляет собой «огромное мутявое облако». Во время затяжной штормовой погоды происходит сепарация взвешенного вещества водной толщи, в результате чего более крупный материал вновь осаждается, а водная взвесь обогащается пелитовым материалом и органическим веществом. В экспедиции на одной из станций мы наблюдали, как сразу же после окончания шторма сформировался верхний слой донных осадков, представленный сверху вниз преимущественно окисленным бурым органическим веществом, тонким пелитовым материалом и алевритом. А.А. Клёнкин и др. [14], анализируя распределение донных осадков Азовского моря (в слое 0,0–2,0 см), пришли к выводу об изменении их литологического состава от сезона к сезону кардинальным образом. По мнению этих авторов, во время ветреной погоды происходит взмучивание верхнего слоя донных осадков мощностью не менее 1 мм. Таким образом, летом (в шторм) в Таганрогском заливе и собственно Азовском море мы изучали сильно трансформированный поверхностный слой. Во время осенней экспедиции, которая проводилась в штилевую погоду, во всех частях моря был исследован верхний слой донных отложений, представленный осадками, отлагавшимися во время относительного безветрия.

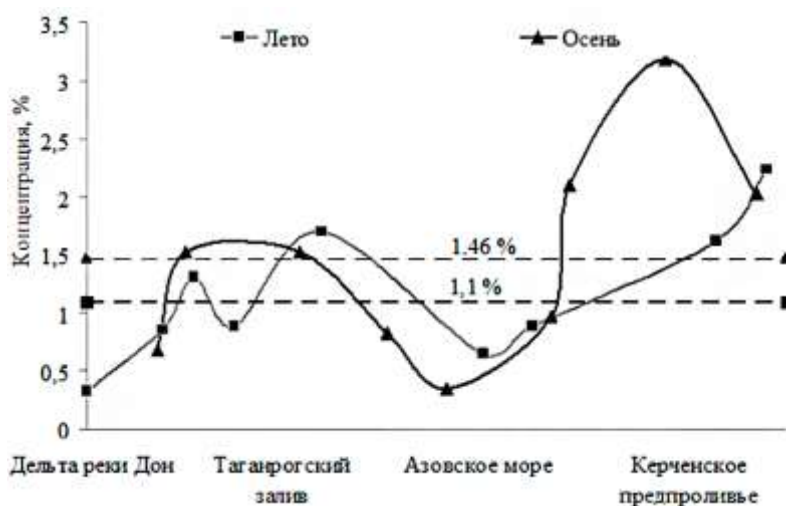


Рис. 2. Распределение содержания $C_{орг}$ в донных отложениях по разрезу р. Дон – Азовское море (горизонт 0–5 см) (пунктиром показаны средние концентрации), %

Подчеркнем, что основными факторами, влияющими на пространственное распределение органического углерода в донных отложениях, являются биомасса фитопланктона, литологический состав и динамика водных масс.

Во время летнего рейса в поверхностном слое донных отложений среднее содержание ртути в Азовском море составило 0,083 мкг/г с.м. и было меньше, чем в осенний сезон – 0,208 мкг/г с.м. (рис. 3). Эти результаты согласуются с содержанием ор-

ганического вещества и ртути в донных осадках в целом моря, подтверждаются ранее полученными коэффициентами корреляции между данными ингредиентами [15]. Они относительно высоки, составляя в среднем 0,65 для всего моря и 0,93 для Таганрогского залива, что подтверждает значительную роль органического вещества как фактора аккумуляции ртути в донных отложениях.

В шторм в Таганрогском заливе валовое содержание ртути сначала возрастает от устья реки Дон вплоть до центрального района, после чего падает на выходе из залива и остается примерно на одном уровне собственно в море и Керченском предпроливье Азовского моря (0,042 мкг/г с.м. на ст. 17). В Таганрогском заливе содержание Hg колебалось от 0,16 (ст. 4) до 0,084 мкг/г с.м. (ст. 1). Обнаруженный горб содержания ртути в центральной части залива синхронизирует с таковым содержания органического углерода и пространственно приуро-

чен к расположению на дне залива илов с высоким содержанием глинистой фракции [16]. Некоторое наблюдаемое несоответствие в поведении органического вещества и валовой ртути по разрезу в открытом море (рис. 2, 3) может быть объяснено седиментацией привнесенного из других районов моря, подвергнувшегося деструкции взвешенного органоминерального вещества, ртуть из которого во время продолжительного шторма частично перешла в воду.

Осенью (в штиль) средняя концентрация ртути по профилю превышала среднее летнее значение в 2,5 раза и изменялась в широком интервале значений – от 0,059 мкг/г с.м. (ст. 32) в районе дельты реки Дон до 0,576 (ст. 3) в Таганрогском заливе. Однако следует отметить, что высокая концентрация в заливе зафиксирована только на одной станции с последующим резким понижением содержания ртути в 8 раз в его гирле.

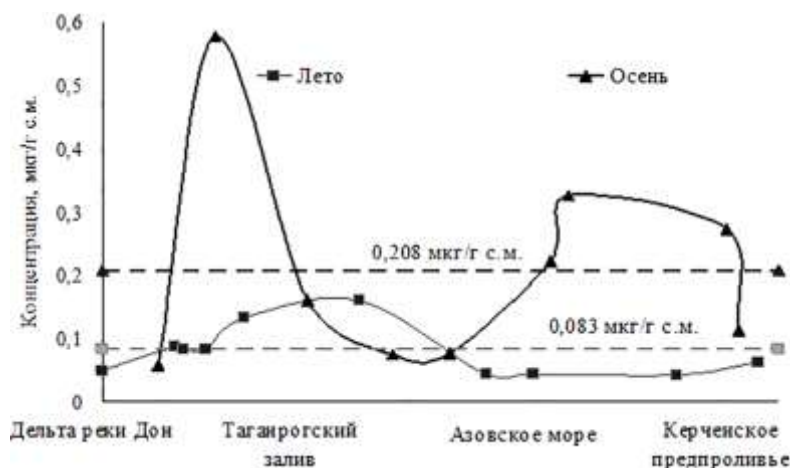


Рис. 3. Распределение содержания Hg в донных отложениях по разрезу р. Дон – Азовское море (горизонт 0–5 см) (пунктиром показаны средние концентрации), мкг/г с.м.

В открытой части моря отмечается повышение концентрации элемента до 0,33 мкг/г с.м., а в Керченском предпроливье Азовского моря – снижение в 3 раза до 0,11 мкг/г с.м. Картина распределения металла в открытом море и Керченском предпроливье хорошо согласуется с таковым для органического вещества (рис. 2, 3). В открытой части моря в штилевую погоду происходит активное соосаждение органического вещества, пелитового материала и ртути. Вариации содержания валовой ртути по всей акватории в летний и осенний сезоны 2006 г. составили 0,042 – 0,576 мкг/г с.м. при среднем значении 0,105 мкг/г с.м., без учета экстремальной концентрации. Отметим, что эти результаты оказались ниже тех значений, что были определены для интервала глубин 0–5 см и 5–10 см в период с 1995

по 2000 г. [16], но несколько выше результатов, полученных для лета и осени 2006 г. [14]. Отмеченные флюктуации, возможно, являются как следствием снижения содержания ртути в донных отложениях во времени, так и погрешностью применяемых методик подготовки проб и методов анализа. Как очевидно из вышеизложенного, содержания пелитовой фракции и органического вещества в пробах могут также повлиять на определение содержания ртути.

Ранее было показано [16], что прослеживается четкая зависимость наибольшего содержания ртути от локализации техногенного источника поступления. Так, максимальные концентрации элемента характерны для акватории, прилегающей к Таганрогу и Ейску, где для органического вещества были

зафиксированы небольшие величины содержания. В сентябре пространственное распределение ртути было в отличие от лета более мозаичным, а её концентрации имели больший разброс значений. Феномен относительной гомогенизации содержания природных и антропогенных веществ, а также изотопного состава сульфатной серы в воде во время шторма и сразу же после него, отмечалось в работе [13].

В заключение отметим, что содержание органического вещества и ртути в донных отложениях по профилю р. Дон – Таганрогский залив – открытая часть Азовского моря – Керченское предпроливье характеризуется тесной связью, которая может нарушаться динамикой водных масс и антропогенным воздействием. Органическое вещество наряду с литологическим составом выступает в качестве важного фактора, контролирующего аккумуляцию ртути в донных отложениях Азовского моря.

Литература

1. Федоров Ю.А., Доценко И.В., Кузнецов А.Н., Белов А.А., Логинов Е.А. Закономерности распределения C_{org} в донных отложениях российской части Азовского моря // *Океанология*. 2009. Т. 49, № 2. С. 229–236.
2. Fedorov Yu.A., Dotsenko I.V., Mikhailenko A.V. Mercury and organic matter in bottom sediments in the profile don river–Sea of Azov // 14th GeoConference on Ecology, Economics, Education and Legislation Conference Proceedings. Vol. I. Ecology and Environmental Protection. Albena, Bulgaria, 2015. P. 81–87.
3. Федоров Ю.А., Сапожников В.В., Агатов А.И., Аржанова Н.В., Белов А.А., Кузнецов А.Н., Латина Н.М., Логинов Е.Б., Предеина Л.М., Семочкина Т.Б., Торгунова Н.И. Комплексные экосистемные исследования в российской части Азовского моря (18–25 июля 2006 г.) // *Океанология*. 2007. Т. 47, № 2. С. 316–319.
4. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность (с изменением № 1). М., 1980. 10 с.
5. Руководство по современным биохимическим методам исследования водных экосистем, перспективных для промысла и марикультуры / под ред. А.И. Агатовой. М., 2004. 123 с.
6. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М., 1991. 8 с.
7. Тюрин И.В. К методике анализа для сравнительного изучения состава почвенного перегноя или гумуса // *Тр. почвенного ин-та им. В.В. Докучаева АН СССР*. М., 1951. Т. 38. С. 5–21.
8. Федоров Ю.А., Хансиварова Н.М., Березан О.А. Об особенностях распределения и поведения ртути в донных отложениях нижнего течения р. Дон и Таганрогского залива // *Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки*, 2001. № 3. С. 76–81.
9. Доценко И.В., Федоров Ю.А. Распределение C_{org} в донных отложениях Азовского моря и его роль в накоплении ТМ и других элементов (по данным корреляцион-

- ного анализа) // *Проблемы гидрометеорологии и геоэкологии: сб. тр.* Ростов н/Д., 2007. С. 48–52.
10. Доценко И.В., Федоров Ю.А. Динамика распределения содержания ртути в донных отложениях Азовского моря в условиях перманентно изменяющейся гидрометеорологической обстановки // *Геология морей и океанов: материалы XVIII Междунар. конф. (школы) по морской геологии*. М., 2009. Т. IV. С. 234–239.
11. Шниоков Е.Ф., Орловский Г.Н., Усенко В.П. [и др.]. *Геология Азовского моря*. Киев, 1974. С. 247.
12. Горшкова Т.И. Условия накопления органического вещества в современных осадках морей СССР // *Природа органического вещества современных и ископаемых осадков*. М., 1973. С. 60–67.
13. Федоров Ю.А. Стабильные изотопы и эволюция гидросферы. М., 1999. 370 с.
14. Клёнкин А.А., Корпакова И.Г., Павленко И.Ф., Темердашев З.А. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар, 2007. 324 с.
15. Доценко И.В. Органическое вещество и его роль в аккумуляции ртути в экосистеме Азовского моря // *Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: материалы Междунар. симп. (Москва, 7–9 сентября 2010 г.)*. М., 2010. С. 218–222.
16. Федоров Ю.А., Хансиварова Н.М., Предеина Л.М. Особенности распределения ртути и свинца в донных отложениях Таганрогского залива и юго-восточной части Азовского моря // *Водное хозяйство России*. 2003. Т. 5, № 6. С. 528–540.

References

1. Fedorov Yu.A., Dotsenko I.V., Kuznetsov A.N., Belov A.A., Loginov E.A. Zakonomernosti raspredeleniya C_{org} v donnykh otlozheniyakh rossiiskoi chasti Azovskogo morya [Regularities in the distribution Corg in sediments of the Russian part of the Azov Sea]. *Okeanologiya*, 2009, vol. 49, no 2, pp. 229-236.
2. Fedorov Yu.A., Dotsenko I.V., Mikhailenko A.V. Mercury and organic matter in bottom sediments in the profile don river – Sea of Azov. 14th GeoConference on Ecology, Economics, Education and Legislation Conference Proceedings. Vol. I. Ecology and Environmental Protection. Albena, Bulgaria, 2015, pp. 81-87.
3. Fedorov Yu.A., Sapozhnikov V.V., Agatova A.I., Arzhanova N.V., Belov A.A., Kuznetsov A.N., Lapina N.M., Loginov E.B., Predeina L.M., Semochkina T.B., Torgunova N.I. Kompleksnye ekosistemnye issledovaniya v rossiiskoi chasti Azovskogo morya (18-25 iyulya 2006 g.) [Comprehensive ecosystem studies in the Russian part of the Azov sea (18-25 July, 2006.)] // *Okeanologiya*, 2007, vol. 47, no. 2, pp. 316-319.
4. GOST 17.1.5.01-80. Okhrana prirody. Gidrosfera. Obshchie trebovaniya k otboru prob donnykh otlozhenii vodnykh ob'ektov dlya analiza na zagryaznennost' (s izmeneniem № 1) [GOST 17.1.5.01-80. Environmental Protection. Hydrosphere. General requirements for the sampling of bottom sediments of water bodies for the analysis of pollution (with variation № 1)]. Moscow, 1980, 10 p.
5. Rukovodstvo po sovremennym biokhimicheskim metodam issledovaniya vodnykh ekosistem, perspektivnykh dlya promysla i marikul'tury [Guide to modern biochemical methods of investigation of aquatic ecosystems perspec-

- tive for fisheries and mariculture]. Red. A.I. Agatova. Moscow, 2004, 123 p.
6. GOST 26213-91. *Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva* [GOST 26213-91. Soils. The methods for determination of organic matter]. Moscow, 1991, 8 p.
 7. Tyurin I.V. K metodike analiza dlya sravnitel'nogo izucheniya sostava pochvennogo peregnoya ili gumusa [The method of analysis for a comparative study of soil humus or humus]. *Trudy pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva AN SSSR*. Moscow, 1951, vol. 38, pp. 5-21.
 8. Fedorov Yu.A., Khansivarova N.M., Berezan O.A. Ob osobennostyakh raspredeleniya i povedeniya rtuti v donnykh otlozheniyakh nizhnego techeniya r.Don i Taganrogskogo zaliva [About the peculiarities of the distribution and behavior of mercury in the sediments of the Lower River Don and Taganrog Bay]. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskii region. Estestvennye nauki*, 2001, no 3, pp. 76-81.
 9. Dotcenko I.V., Fedorov Yu.A. Raspredelenie C_{org} v donnykh otlozheniyakh Azovskogo morya i ego rol' v nakoplenii TM i drugih elementov (po dannym korrelyatsionnogo analiza) [Distribution C_{org} in the bottom sediments of the sea of Azov and its role in the accumulation of heavy metals and other items (according to the data of the correlation analysis)]. *Problemy gidrometeorologii i geoekologii: sb. trudov*. Rostov-on-Don, 2007, pp. 48-52.
 10. Dotsenko I.V., Fedorov Yu.A. Dinamika raspredeleniya sodержaniya rtuti v donnykh otlozheniyakh Azovskogo morya v usloviyakh permanentno izmenyayushcheysya gidrometeorologicheskoi obstanovki [The dynamics of the distribution of mercury in bottom sediments of the Azov sea in the conditions of permanently changing hydrometeorological conditions]. *Geologiya morei i okeanov: materialy XVIII Mezhdunar. konf. (Shkoly) po morskoi geologii*. vol. IV. M., 2009, pp. 234-239.
 11. Shnyukov E.F., Orlovskii G.N., Usenko V.P. [i dr.] *Geologiya Azovskogo morya* [The Geology of the Sea of Azov]. Kiev, 1974, p. 247.
 12. Gorshkova T.I. Usloviya nakopleniya organicheskogo veshchestva v sovremennykh osadkakh morei SSSR [Conditions of accumulation of organic matter in the modern sediments seas of the USSR]. *Priroda organicheskogo veshchestva sovremennykh i iskopaemykh osadkov*. Moscow, 1973, pp. 60-67.
 13. Fedorov Yu.A. *Stabil'nye izotopy i evolyutsiya gidrosfery* [Stable isotopes and the evolution of the hydrosphere]. Moscow, 1999, 370 p.
 14. Klenkin A.A., Korpakova I.G., Pavlenko I.F., Temerdashev Z.A. *Ekosistema Azovskogo morya: antropogennoe zagryaznenie* [The ecosystem of the Sea of Azov: anthropogenic pollution]. Krasnodar, 2007, 324 p.
 15. Dotsenko I.V. Organicheskoe veshchestvo i ego rol' v akumulatsii rtuti v ekosisteme Azovskogo morya [Organic matter and its role in the accumulation of mercury in the ecosystem of the Sea of Azov]. *Rtut' v biosfere: ekologo-geokhimicheskie aspekty: materialy Mezhdunar. simpoziuma* (Moskva, 7-9 sentyabrya 2010 g). Moscow, pp. 218-222.
 16. Fedorov Yu.A., Khansivarova N.M., Predeina L.M. Osobennosti raspredeleniya rtuti y svintsya v donnykh otlozheniyakh Taganrogskogo zaliva i yugo-vostochnoi chasti Azovskogo morya [Features of the distribution of mercury and lead in the bottom sediments of the Taganrog Gulf and South-Eastern part of Sea of Azov]. *Vodnoe hozyaistvo Rossii*. 2003, vol. 5, no 6, pp. 528-540.