

Органическое вещество донных наносов рек Кагау и Лонгтау в биосферном заповеднике Канзё (Вьетнам)

Е. А. Тихонова^{1*}, О. В. Соловьёва¹, Нгуен Чонг Хиеп²

¹ ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия

² Южное отделение Совместного Российско-Вьетнамского
Тропического научно-исследовательского и технологического центра,
Хошимин, Вьетнам

*e-mail: tihonova@mail.ru

Аннотация

Цель работы – оценка уровня содержания органических веществ, в том числе нефтяных, и влияния динамики вод на содержание данных веществ в донных наносах контактной зоны река – море рек Кагау и Лонгтау, расположенных на территории буферной зоны биосферного заповедника Канзё (Вьетнам, Юго-Восточная Азия). В качестве показателей экологического благополучия акватории были выбраны: физико-химические показатели воды (рН, Eh, соленость, температура), концентрация хлороформ-экстрагируемых веществ и нефтяных углеводородов в донных наносах. Определение хлороформ-экстрагируемых веществ в донных отложениях проводили весовым методом, нефтяных углеводородов – методом инфракрасной спектроскопии. Измерение проводили на спектрофотометре «ФСМ-1201». В донных наносах рек Кагау и Лонгтау зафиксированные концентрации хлороформ-экстрагируемых соединений (от 54 до 90 мг/100 г) и нефтяных углеводородов (от 9.6 до 13.8 мг/100 г) близки к следовым количествам. Проведенное исследование рек заповедника Канзё показало, что по определяемым параметрам данную акваторию можно характеризовать как относительно благополучную. В результате активной циркуляции вод в эстуарных районах рек, протекающих в мангровых зарослях, в период прилива происходят существенные изменения физико-химических показателей среды: рост солёности (на 1–5 епс), повышение показателей рН (в среднем на 0.24–0.31 ед.), снижение окислительно-восстановительного потенциала (на 9–18 мВ). Однако тесной зависимости изменения физико-химических характеристик среды от содержания органических веществ не выявлено. Данное явление, вероятно, связано с перемещением донных наносов и носит достоверный характер только для хлороформ-экстрагируемых веществ в эстуарной части р. Лонгтау.

Ключевые слова: речные донные отложения, хлороформ-экстрагируемые вещества, нефтяные углеводороды, биосферный заповедник Канзё, Вьетнам

Благодарности: настоящее исследование выполнено в рамках НИР Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра (СРВТНИИиТЦ) «Эколан Э-3.4. Экосистема реки Меконг в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия», темы гос. задания ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского

© Тихонова Е. А., Соловьёва О. В., Нгуен Чонг Хиеп, 2022



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License

РАН (ФИЦ ИнБЮМ) «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ 0556-2021-0001, № гос. регистрации: 121031500515-8). Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам отдела радиационной и химической безопасности (ОРХБ ФИЦ ИнБЮМ) вед. н. с., к. б. н. Н. Н. Терещенко, м. н. с. И. Г. Сидорову, вед. инж. О. Д. Чужиковой-Проскурниной за предоставленный первичный подготовленный и доставленный материал.

Для цитирования: Тихонова Е. А., Соловьева О. В., Нгуен Чонг Хиен. Органическое вещество донных наносов рек Кагау и Лонгтау в биосферном заповеднике Канзё (Вьетнам) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2022. № 3. С. 117–127. doi:10.22449/2413-5577-2022-3-117-127

Organic Matter of the Bottom Sediments of the Ca Gau and Long Tau Rivers in the Can Gio Biosphere Reserve (Vietnam)

E. A. Tikhonova^{1*}, O. V. Soloveva¹, Nguyen Trong Hiep²

¹*A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia*
²*Southern Branch of Joint Vietnam-Russia Tropical Science and Technology Research Center,
HoChiMinh, Vietnam*

*e-mail: tihonova@mail.ru

Abstract

The purpose of the work is to assess the level of organic substances, including oil hydrocarbons, and the effect of water dynamics on the content of these substances in the bottom sediments of the river – sea contact zone of the Ca Gau and Long Tau Rivers located on the territory of the buffer zone of the Can Gio Biosphere Reserve (Vietnam, Southeast Asia). The following indicators of the ecological well-being of the water area were identified: physical-chemical indicators of water (pH, eH, salinity, temperature), concentration of chloroform-extractable substances and oil hydrocarbons in bottom sediments. Determination of chloroform-extractable substances in bottom sediments was carried out by the gravimetric method, oil hydrocarbons were determined by infrared spectrometry. The measurements were carried out on an FSM-1201 spectrophotometer. In the bottom sediments of the river Ca Gau and Long Tau, the recorded concentrations of chloroform-extractable compounds (from 54 to 90 mg/100 g) and oil hydrocarbons (from 9.6 to 13.8 mg/100 g) were close to trace levels. The study of some rivers of the Can Gio Reserve showed that this water area can be characterized as relatively safe in terms of the determined parameters. As a result of active water circulation in estuarine areas of rivers flowing in mangroves, physical-chemical characteristics of the environment underwent significant changes during the high tide: increase in salinity (by 1–5 PSU) and pH (by 0.24–0.31 units on average), and decrease in redox potential (by 9–18 mV). However, no close correlation between the changes in physical-chemical characteristics of the environment and the content of organic substances was revealed. This phenomenon is probably associated with the movement of bottom sediments and is only significant for chloroform-extractable substances in the estuarine part of the Long Tau River.

Keywords: river bottom sediments, chloroform-extractable substances, oil hydrocarbons, Can Gio Biosphere Reserve, Vietnam

Acknowledgments: the study was carried out by researchers of the Joint Vietnam-Russia Tropical Science and Technology Research Center and the A.O. Kovalevsky Institute

of Biology of Southern Seas of RAS according to their research projects: 1) Ekolan E-3.4. Ecosystem of the Mekong River in the context of global climate change and anthropogenic impact; and 2) Molismological and biogeochemical foundations of homeostasis of marine ecosystems. (no. 0556-2021-0001, state registration no. 121031500515-8). The authors express their sincere gratitude for providing primary prepared and delivered material to the staff of the Department of Radiological and Chemical Biology of IBSS: N. N. Tereshchenko, leading research associate, Ph.D., I. G. Sidorov, junior research associate, and O. D. Chuzhikova-Proskurnina, leading engineer.

For citation: Tikhonova, E.A., Soloveva O.V. and Nguyen Trong Hiep, 2022. Organic Matter of the Bottom Sediments of the Ca Gau and Long Tau Rivers in the Can Gio Biosphere Reserve (Vietnam). *Ecological Safety of the Coastal and Shelf Zones of the Sea*, (3), pp. 117–127. doi:10.22449/2413-5577-2022-3-117-127

Введение

Заповедник Канзё (Вьетнам, Юго-Восточная Азия), получивший в 2000 г. статус биосферного, включает в себя мангровые леса к юго-востоку от г. Хошимин. Эти леса служат своеобразными «зелеными легкими» крупнейшего индустриального города страны, в них представлено самое большое разнообразие видов мангровых растений, беспозвоночных, обитающих в их зарослях, а также связанных с ними видов рыб и моллюсков (URL: <https://en.unesco.org/biosphere/aspac/can-gio>).

Район Канзё имеет субэкваториальный тропический муссонный климат с двумя разными сезонами: сезон дождей с мая по октябрь и сухой сезон с ноября по апрель со средней температурой 25–29 °С [1].

Общая площадь заповедника составляет 757.4 км². Он разделен на три ключевые зоны: основная – 47.21 км², буферная – 411.39 км² (из них 38 км² акватории), переходная – 298.8 км² (из них 5.7 км² акватории). На территории основной и буферной зон нет населенных пунктов. На некоторых каналах ведется ловля креветок. В настоящее время живущие в переходной зоне люди (около 70 тыс. человек) создают дополнительную нагрузку на заповедник. Ранее, в 1997 г., в этой зоне проживало 54 тыс. человек, а всего на территории заповедника до его создания – 58 тыс. В настоящее время основными сферами деятельности местного населения являются сельское и водное хозяйство, рыболовство, добыча соли и туризм.

Близость Хошимина, крупнейшего промышленного города Вьетнама, не может не сказываться на экологической обстановке в природоохранной зоне. Этим и обусловлена необходимость контроля содержания загрязняющих веществ в компонентах экосистемы заповедника.

На территории заповедника представлены различные экосистемы: мангровые леса (40 % площади), соленые и илистые болота, травянистая морская часть (45 %) и сельскохозяйственные угодья (15 %). Мангровый лес Канзё растет на болотистых почвах, сформированных аллювиальными глинистыми отложениями рек Сайгон и Онг Най. Кроме того, вдоль побережья есть много больших устьев рек, таких как Лонгтау, Кагау и др. Площадь рек и каналов – 22 161 га, что составляет 31.5 % площади района Хошимина. Вода из Восточного моря попадает в речную систему, в основном во время приливов. В зоне смешения происходят наиболее интенсивные процессы седиментации взвеси, приносимой водами реки [1], и активное накопление поллютантов [2].

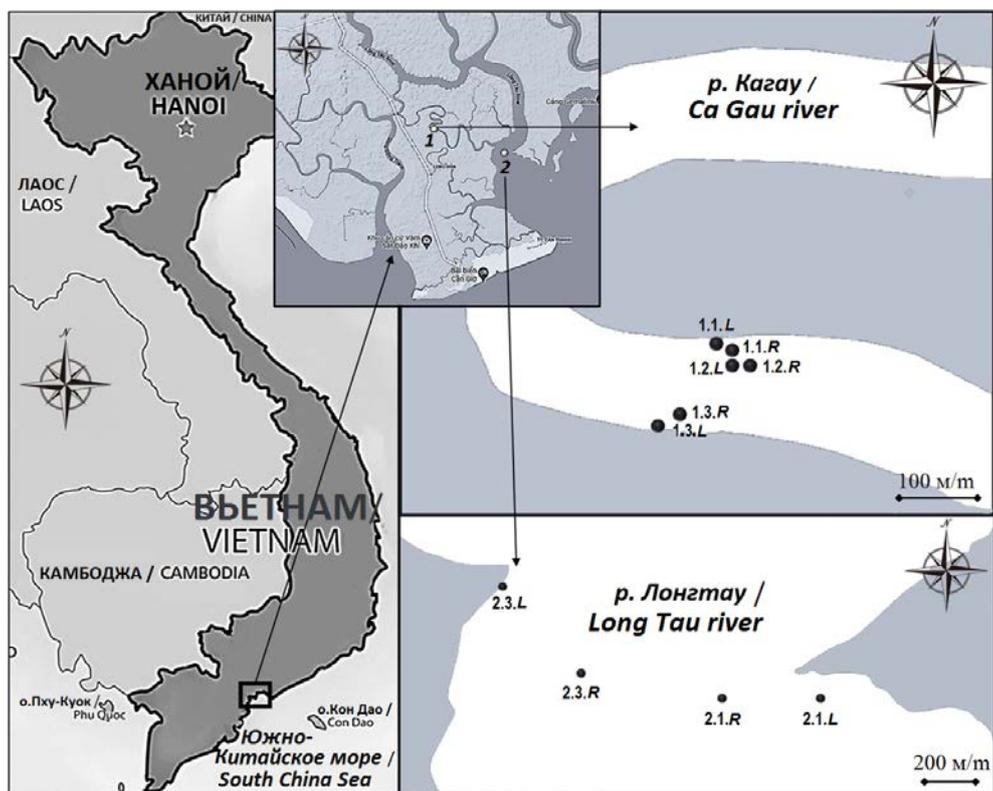
Во время прилива при перемещении водных масс происходит перенос поверхностных донных отложений. Характер движения наносов зависит от их физических характеристик (гранулометрический состав, плотность частиц, гидравлическая крупность и т. д.), а также от скорости и глубины потока воды. В свою очередь, в донных отложениях активно аккумулируются различные загрязняющие вещества. Известно, что в результате приливов происходит перемещение частиц диаметром до 2 мм [3] при преимущественной транспортировке частиц диаметром до 0.5 мм. Именно эта фракция донных отложений способна наиболее активно аккумулировать органические молекулы [4, 5]. Таким образом, можно предполагать изменение содержания органических соединений, в том числе и поллютантов, в донных наносах нижнего течения рек, в зоне смешения река – море, что может в некоторой степени изменять экологические показатели среды заповедника.

В связи с изложенным выше целью настоящей работы является оценка уровня содержания органических веществ, в том числе нефтяных, и влияния динамики вод на содержание данных веществ в донных наносах контактной зоны река – море рек Кагау и Лонгтау, расположенных на территории буферной зоны биосферного заповедника Канзё.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили пробы донных наносов (0–2 см), отобранные в реках Кагау (район 1: ст. 1.1, 1.2, 1.3) и Лонгтау (район 2: ст. 2.1, 2.2, 2.3) на территории буферной зоны биосферного заповедника Канзё (рис. 1). В каждом районе отбор речного грунта производили в трех точках, расположенных поперек русла рек: две прибрежные точки у правого и левого берега и в середине русла реки. Характер извлеченного речного наноса на ст. 2.2 (смесь песка с крупной галькой) не позволил проводить дальнейший химический анализ. Пробы отбирали в два временных периода: отлив (*R*) и прилив (*L*). Химико-физические характеристики воды (рН, Eh, соленость) исследуемых рек были определены *in situ* мультиметром *Hanna HI9829* сотрудниками лаборатории анализа окружающей среды Южного отделения СРВТНИиТЦ. Температура в период пробоотбора составляла в среднем 29.9 °С.

Определение хлороформ-экстрагируемых веществ и нефтяных углеводов. Первичная обработка проб донных наносов была выполнена в Южном отделении СРВТНИиТЦ сотрудниками ОРХБ ФИЦ ИнБЮМ. Сырые пробы донных отложений сушили на воздухе до воздушно-сухого состояния, взвешивали и растирали до однородной сухой массы, пробу перемешивали и отбирали навеску для анализа. Дальнейшую обработку донных наносов проводили в лаборатории хемозологии ФИЦ ИнБЮМ. Полученную воздушно-сухую смесь (5 г) экстрагировали хлороформом до обесцвечивания промывных порций, экстракты собирали в коническую колбу объемом 100 мл, отгоняли растворитель на водяной бане до остаточного объема 2–3 мл и переносили в бюксы. После испарения хлороформа бюксы взвешивали и таким образом определяли вес хлороформ-экстрагируемых веществ (ХЭВ) в исследуемом материале. Повторно растворив ХЭВ в четыреххлористом углероде, смесь наносили на колонку с окисью алюминия для последующего определения нефтяных углеводов (НУ) на спектрофотометре



Р и с . 1. Карта отбора проб донных наносов в реках Кагау и Лонгтау в биосферном заповеднике Канзё, май 2021 г. (*R* – обозначение станций пробоотбора во время отлива, *L* – во время прилива)

Fig. 1. Map of sampling bottom sediment stations in the Ca Gau and Long Tau rivers in the Can Gio Biosphere Reserve, May 2021 (*R* is for sampling stations at low tide, *L* – at high tide)

ФСМ-1201^{1, 2)}. Полученные при определении концентраций ХЭВ и НУ, пересчитывали на 100 г веса воздушно-сухой массы донных отложений. Корреляционный анализ ($p = 0.05$) проводился с помощью пакета анализа *Microsoft Excel 2010*.

Результаты и обсуждение

Станции пробоотбора (районы 1, 2) донных наносов расположены в створах рек в зоне влияния приливов. Динамика вод отразилась на изменении физико-химических параметров воды (рис. 2). В период прилива было отмечено повышение ее солености в акватории района 1 на 1 епс, в акватории района 2, расположенного почти в устье реки Лонгтау, – на 5 епс. Повышение солености в речной воде во время приливов является закономерным и связано

¹⁾ РД 52.10.803-2013. Массовая доля нефтяных углеводородов в пробах морских донных отложений. Методика измерений методом инфракрасной спектроскопии. М., 2014. 24 с.

²⁾ Руководство по методам химического анализа морских вод / Под ред. С. Г. Орадовского. Л. : Гидрометеиздат, 1977. С. 118–131.

с поступлением более соленых морских вод. Вслед за градиентом солености изменялись физико-химические характеристики воды (рис. 2): водородный показатель менялся в сторону ощелачивания; окислительно-восстановительный потенциал несколько снижался. Уменьшение показателей Eh (до -40 мВ) в период прилива согласуется с увеличением показателей pH (до 7.58). Данный факт указывает на улучшение кислородных условий при вхождении морских вод в речные воды в акватории исследуемых водно-болотных угодий [6]. При этом изменение значений pH (в акватории района 1 в среднем на 0.24 ед., района 2 – на 0.31 ед.) было более выражено, чем изменение окислительно-восстановительного потенциала. Подобное колебание показателей pH вследствие перемещения вод в пределах приливного цикла было отмечено и в других эстуарных системах [7, 8]. Температура воды имела тенденцию к повышению в период прилива. Ее средний показатель в поверхностном слое речной воды в период отлива в районе 1 составлял 29.5 °С, в районе 2 – 29.9 °С; в период прилива в районе 1 – 30.0 °С, в районе 2 – 30.2 °С. Отлив приходился на ночное время (21:00–22:00), что могло быть одним из факторов снижения температуры поверхностной воды. Прилив приходился на вторую половину дня (около 15:00), когда мог сказываться прогрев поверхностной воды солнечными лучами. По данным многолетних спутниковых наблюдений, средняя температура морской воды у побережья заповедника Канзё в мае составляет 29.8 °С, колеблясь в диапазоне 28.6 – 31.0 °С (URL: <https://www.seatemperature.org/asia/vietnam/cn-th-may.htm>). Тот факт, что значения температуры, отмеченные в период прилива, превышают

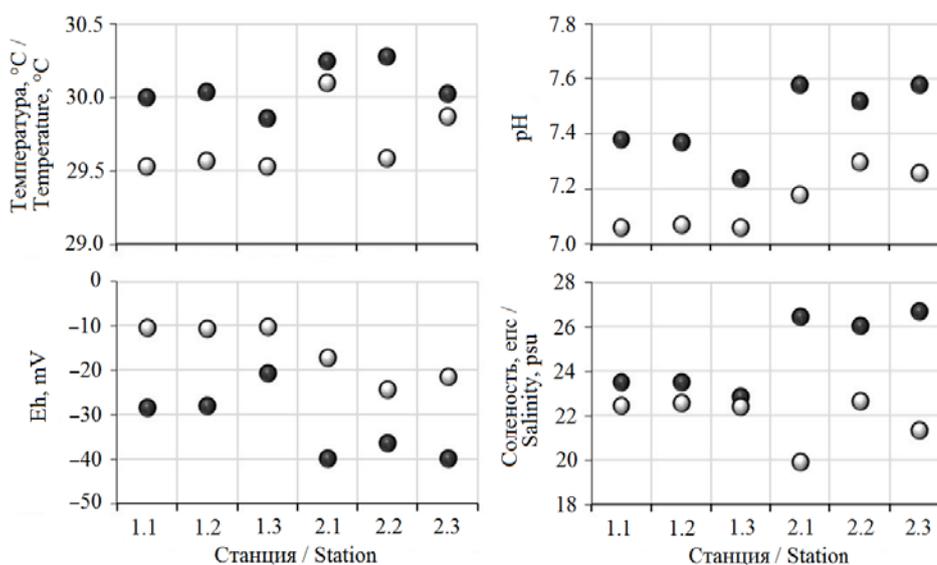


Рис. 2. Физико-химические параметры воды на станциях пробоотбора донных наносов во время отлива (●) и прилива (●) в реках Кагау и Лонгтау в биосферном заповеднике Канзё, май 2021 г.

Fig. 2. Physico-chemical parameters of water at the bottom sediments sampling stations at low tide (●) and high tide (●) in the Ca Gau and Long Tau rivers in the Can Gio Biosphere Reserve, May 2021

значения, полученные в ходе многолетних наблюдений, может свидетельствовать о дневном прогреве поверхностных вод, который и удалось зафиксировать в процессе исследования.

Концентрация ХЭВ в донных отложениях прибрежной акватории заповедника Канзё колебалась от 54 до 90 мг/100 г (рис. 3). Максимальные значения ХЭВ в акватории района 1 отмечены на ст. 1.3 R, минимальные – на ст. 1.2 R; в акватории района 2 – на ст. 2.3 L и ст. 2.3 R соответственно. Повышенное содержание ХЭВ в донных наносах р. Кагау по сравнению с содержанием в наносах р. Лонгтау может быть связано с тем, что первый район расположен в глубине речной системы, а второй – в месте непосредственного впадения реки в море, где богатые органическим веществом речные воды разбавляются морскими. Подобное явление отмечено и другими авторами, когда повышенное содержание органических веществ в речных наносах наблюдалось, как правило, в бассейнах рек центральной части мангровых лесов, по сравнению с аналогичными показателями на их эстуарных участках [9].

Известно [10], что на границе раздела вода – дно идут наиболее активные процессы первичного диагенеза органического вещества, поэтому отмеченные ранее изменяющиеся показатели рН и Eh воды, непосредственно влияющие на ход указанных процессов, могут влиять на количественные показатели накопленного в донных наносах и перемещаемого приливными течениями органического вещества. Однако тесной корреляционной зависимости между концентрацией органических веществ и физико-химическими показателями воды не отмечено, за исключением слабой положительной связи для солёности ($r = 0.48$). Хотя в нашем случае сложно говорить о взаимосвязи солёности и исследуемых компонентов органического вещества, в литературе [11] содержатся данные о значимой обратной пропорциональной связи содержания органических и неорганических веществ и солёности³⁾. Вероятно, выявить влияние указанных факторов не удастся в результате их переменчивости в небольшом диапазоне времени, что не позволяет определить специфику седиментационных условий.

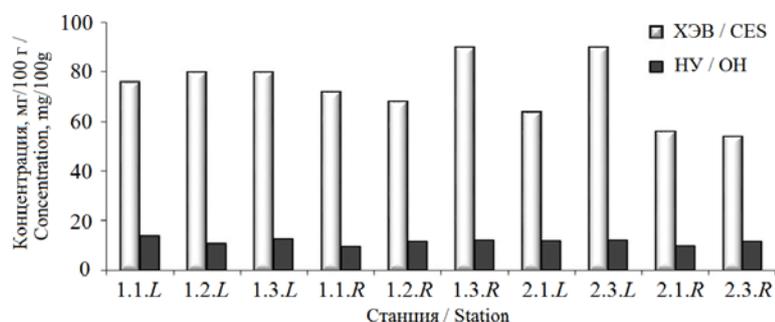


Рис. 3. Концентрации ХЭВ и НУ в донных наносах рек Кагау и Лонгтау в биосферном заповеднике Канзё, май 2021 г.

Fig. 3. CES and OH concentrations in bottom sediments of Ca Gau and Long Tau rivers in the Can Gio Biosphere Reserve, May 2021

³⁾ Овсепян А. Э. Распределение, миграция и трансформация ртути в устьевой области р. Северная Двина : дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.36. Ростов-на-Дону, 2007. 178 с.

Сравнение уровней содержания ХЭВ в речных наносах, состав которых изменяется вследствие их активного перемещения при поступлении морских вод, показало, что во время отлива общее содержание ХЭВ снижалось. Причем в акватории района 1, расположенного в глубине п-ова Канзё, данное снижение было незначительным, в то время как в районе 2, находящемся в эстуарной части р. Лонгтау, этот показатель снижался почти на 30 %. Вероятно, это связано с тем, что для эстуарных районов в целом характерны интенсивная циркуляция⁴⁾ и осаждение [9] различных веществ, обусловленные динамикой вод. Для НУ существовала подобная тенденция, однако она не носила достоверного характера. Вероятно, это связано с низким уровнем НУ и отсутствием значимых различий в их содержании как в речных, так и в морских отложениях.

Существует региональная классификация уровней загрязнения донных отложений органическими веществами [12]:

- I уровень – менее 50 мг/100 г;
- II уровень – 50–100 мг/100 г;
- III уровень – 100–500 мг/100 г;
- IV уровень – 500–1000 мг/100 г;
- V уровень, самый опасный – свыше 1000 мг/100 г.

В соответствии с данной классификацией полученные в настоящем исследовании показатели для всей акватории относятся к I–II уровням загрязнения, а исследованный район можно отнести к условно чистому [13, 14]. Данные уровни сопоставимы с аналогичными показателями прибрежных донных отложений других заповедных районов, в частности Казантипского природного заповедника (Северо-Восточный Крым) [15] и ландшафтного заказника «Ласпи» (Южный берег Крыма) [16]. Зафиксированные уровни содержания органических веществ значительно ниже, чем, например, в эстуарной части р. Язны, Юго-Восточная Азия [17].

Концентрация НУ колебалась в пределах от 9.6 до 13.8 мг/100 г (рис. 3). Если сравнивать полученные результаты с нормативами из так называемых «Голландских листов»⁵⁾, то показатели были достаточно низкими и превышали порог концентраций, при которых воздействие при хроническом загрязнении незначимо (5 мг/100 г), только в 1.9–2.8 раза. Процентное содержание НУ в ХЭВ колебалось от 13 до 21 %. Полученные показатели указывают на низкий уровень нефтяного загрязнения, и, следовательно, зафиксированные углеводороды имеют преимущественно автохтонное происхождение.

Заключение

Зафиксированные в донных наносах р. Кагау и р. Лонгтау (буферная зона биосферного заповедника Канзё) концентрации хлороформ-экстрагируемых соединений (от 54 до 90 мг/100 г) и нефтяных углеводородов

⁴⁾ Экология: Учебное пособие для вузов / под ред. В. В. Денисова. Ростов : ИЦ МарТ М, 2004. 672 с.

⁵⁾ URL: esdat.net/Environmental%20Standards/Dutch/annexS_I2000Dutch%20Environmental%20Standards.pdf (дата обращения: 5.09.2022)

(от 9.6 до 13.8 мг/100 г) близки к следовым количествам. Следовательно, состояние этого компонента речных экосистем является благополучным с точки зрения содержания органического и нефтяного загрязнения. В результате активной циркуляции вод в эстуарных районах мангровых рек в период прилива происходят существенные изменения физико-химических показателей среды: рост солености (на 1–5 епс), повышение показателей pH (в среднем на 0.24–0.31 ед.), снижение окислительно-восстановительного потенциала (на 9–18 мВ). Однако тесной зависимости изменения физико-химических характеристик среды от содержания ХЭВ и НУ не выявлено. Данное явление, вероятно, связано с перемещением донных наносов и носит достоверный характер только для ХЭВ в эстуарной части р. Лонгтау. В остальных случаях можно говорить лишь о тенденции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Valley-confinement and river-tidal controls on channel morphology along the fluvial to marine transition zone of the *Đông Nai River system, Vietnam* / M. Gugliotta [et al.] // *Frontiers in Earth Science*. 2019. Vol. 7. 202. doi:10.3389/feart.2019.00202
2. Origin and transport of sedimentary organic matter in the Yalujiang Estuary, North China / Y. Wu [et al.] // *Estuaries*. 2004. Vol. 27, iss. 4. P. 583–592. <https://doi.org/10.1007/BF02907646>
3. Горбунов А. О., Ковалев Д. П., Ковалев П. Д. Донные наносы, переносимые течением в районе размыва берега залива Мордвинова (о. Сахалин) // *Геосистемы переходных зон*. 2019. Т. 3, № 2. С. 209–218. doi:10.30730/2541-8912.2019.3.2.209-218
4. Krein A., Schorer M. Road runoff pollution by polycyclic aromatic hydrocarbons and its contribution to river sediments // *Water Research*. 2000. Vol. 34, iss. 16. P. 4110–4115. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00156-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00156-1)
5. Concentration and distribution of hydrophobic organic contaminants and metals in the estuaries of Ukraine / R. M. Burgess [et al.] // *Marine Pollution Bulletin*. 2009. Vol. 58, iss. 8. P. 1103–1115. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.04.013>
6. Шигаева Т. Д., Поляк Ю. М., Кудрявцева В. А. Окислительно-восстановительный потенциал как показатель состояния объектов окружающей среды // *Биосфера*. 2020. Т. 12, № 3. С. 111–124. doi:10.24855/BIOSFERA.V12I3.549
7. Functioning of intertidal flats inferred from temporal and spatial dynamics of O₂, H₂S and pH in their surface sediment / S. Jansen [et al.] // *Ocean Dynamics*. 2009. Vol. 59. P. 317–332. doi:10.1007/s10236-009-0179-4
8. Davies O. A. Tidal influence on the physico-chemistry quality of Okpoka Creek, Nigeria // *International Journal of Biological Sciences and Applications*. 2014. Vol. 1, iss. 3. P. 113–123. URL: <http://article.aascit.org/file/pdf/9030758.pdf> (date of access: 15.08.2022).
9. Tam N. F. Y., Wong Y. S. Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps // *Environmental Pollution*. 2000. Vol. 110, iss. 2. P. 195–205. doi:10.1016/s0269-7491(99)00310-3
10. Белкина Н. А. Роль донных отложений в формировании химического состава поверхностных вод гумидной зоны (на примере озер Карелии) // *Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года»: сборник научных трудов. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2015. Т. 1. С. 395–400.*

11. *Ломакин П. Д.* Поле содержания растворенного органического вещества в Таганрогском заливе (Азовское море) // *Морской гидрофизический журнал.* 2018. Т. 34, № 6. С. 501–514. doi:10.22449/0233-7584-2018-6-501-514
12. *Миронов О. Г., Миловидова Н. Ю., Кирюхина Л. Н.* О предельно допустимых концентрациях нефтепродуктов в донных осадках прибрежной зоны Черного моря // *Гидробиологический журнал.* 1986. Т. 22, № 6. С. 76–78.
13. *Тихонова Е. А.* Органическое вещество донных отложений крымского и кавказского побережий (Азовское и Черное моря) // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря.* 2021. № 3. С. 52–67. doi:10.22449/2413-5577-2021-3-52-67
14. *Tikhonova E. A., Kotelyanets E. A., Soloveva O. V.* Sea bottom sediments pollution of the Crimean Coast (The Black and Azov Seas) // *Processes in GeoMedia - Volume 2 / Ed. T. Chaplina.* Cham, Switzerland : Springer, 2021. P. 199–211. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53521-6_23
15. *Tikhonova E. A., Soloveva O. V., Burdiyan N. V.* Bottom sediments of the Kazantip Nature Reserve coastal water area (Azov Sea) as an indicator of the water area wellbeing // *Processes in GeoMedia - Volume 5 / Ed. T. Chaplina.* Cham, Switzerland : Springer, 2022. P. 253–262. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85851-3_28
16. Санитарно-биологическая характеристика прибрежной акватории ландшафтного заказника «Ласпи» (Черное море) / Е. А. Тихонова [и др.] // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря.* 2020. № 3. С. 95–106. doi:10.22449/2413-5577-2020-3-95-106
17. Water- and base-extractable organic matter in sediments from lower Yangtze River estuary-East China Sea continuum: insight into accumulation of organic carbon in the river-dominated margin / L. Han [et al.] // *Frontiers in Marine Science.* 2021. Vol. 8. 617241. doi:10.3389/fmars.2021.617241

Поступила 10.06.2022 г.; одобрена после рецензирования 25.06.2022 г.; принята к публикации 06.07.2022 г.; опубликована 26.09.2022 г.

Об авторах:

Тихонова Елена Андреевна, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН» (299011, Россия, Севастополь, пр. Нахимова, д. 2); кандидат биологических наук, **ORCID ID: 0000-0002-9137-087X**, **Scopus Author ID: 57208495804**, **ResearcherID: X-8524-2019**, tihonoval@mail.ru

Соловьёва Ольга Викторовна, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН» (299011, Россия, Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, **ORCID ID: 0000-0002-1283-4593**, **Scopus Author ID: 57208499211**, **ResearcherID: X-4793-2019**, kozl_ya_oly@mail.ru

Нгуен Чонг Хиенп, заведующий лабораторией, Южное отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра (740500, Вьетнам, Хошимин, ул. 3/2, район 10, 3), кандидат химических наук, hiernguyen@vrtc.org.vn

About the authors:

Elena A. Tikhonova, Senior Research Associate, A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (2 Nakhimova Ave, Sevastopol, 299011, Russian Federation), Ph.D. (Biol.), **ORCID ID: 0000-0002-9137-087X**, **Scopus Author ID: 57208495804**, **ResearcherID: X-8524-2019**, *tihonoval@mail.ru*

Olga V. Soloveva, Senior Research Associate, A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (2 Nakhimova Ave, Sevastopol, 299011, Russian Federation), Ph.D. (Biol.), **ORCID ID: 0000-0002-1283-4593**, **Scopus Author ID: 57208499211**, **ResearcherID: X-4793-2019**, *kozl_ya_oly@mail.ru*

Nguyen Trong Hiep, Head of Laboratory, Southern Branch of Joint Vietnam-Russia Tropical Science and Technology Research Center, (No. 3, 3/2 St., Dist. 10, HoChiMinh, 740500, Vietnam), Ph.D. (Chem.), *hiepnguyen@vrtc.org.vn*

Заявленный вклад авторов:

Тихонова Елена Андреевна – постановка задачи, определение хлороформ-экстрагируемых веществ и нефтяных углеводородов, обсуждение результатов

Соловьёва Ольга Викторовна – анализ полученных результатов, обсуждение результатов, написание и оформление статьи

Нгуен Чонг Хиеп – планирование пробоотбора и отбор проб донных отложений, определение физико-химических параметров воды

Contribution of the authors:

Elena A. Tikhonova – statement of the problem, determination of chloroform-extractable substances and oil hydrocarbons, discussion of the results

Olga V. Soloveva – analysis of the results obtained, discussion of the results, writing and formatting of the article

Nguyen Trong Hiep – sampling planning and sampling of bottom sediments, determination of physico-chemical parameters of water.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

All the authors have read and approved the final manuscript.