

УДК 502.052, 504.054

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БУХТЫ НАХОДКА И УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ ПАРТИЗАНСКОЙ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИМИ ПЕСТИЦИДАМИ

Мазлова Елена Алексеевна¹,
mazlovaea@gmail.com

Блиновская Яна Юрьевна²,
blinovskaya@hotmail.com

Соколова Лариса Ивановна²,
lisokolova@bk.ru

Турсунова Гулнара Шамуратовна¹,
merkora@gmail.com

¹ Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, Россия, 119991, г. Москва, Ленинский пр., 65.

² Дальневосточный федеральный университет, Россия, 690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10.

Актуальность. Рассмотрена проблема загрязнения морской среды стойкими органическими загрязнителями, получены новые данные о загрязнении бухты Находка и устьевой области реки Партизанской хлорорганическими пестицидами.

Цель: охарактеризовать уровень загрязненности донных отложений залива Находка хлорорганическими соединениями и определить источники возможного поступления в морскую среду.

Методы: отбор проб донных отложений; анализ проб методом хромато-масс-спектрометрии и газожидкостной хроматографии с детектором электронного захвата; статическая обработка результатов; оценка загрязненности донных отложений хлорорганическими пестицидами.

Результаты. Получены данные о содержании хлорорганических пестицидов в бухте Находка за 2020–2021 гг. Приведены сведения об изученности рассматриваемой акватории. Проанализировано содержание пестицидов группы ГХГЦ (α -, β - и γ -ГХГЦ), ДДТ и его метаболитов. Отмечено увеличение содержания α -, β - ГХГЦ и ДДТ в донных отложениях в 2021 г. Для определения качества донных отложений проведено сравнение полученных в ходе полевых работ среднегодовых значений концентраций хлорорганических пестицидов в донных отложениях бухты Находка с нормативами. В Российской Федерации отсутствуют утвержденные нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в донных отложениях, и по этой причине в работе использовались нормативные показатели, принятые в зарубежных странах («голландские листы» (Nieuwe Nederlandse Lijst. NNL) и канадские нормативы качества для морских и устьевых донных отложений (Canadian Sediment Quality Guidelines, CSQGs)). Рассмотрены возможные источники поступления хлорорганических пестицидов в морскую среду. Результаты проведенной работы показали, что, несмотря на запрет использования указанных веществ, они входят в состав различных соединений, используемых в различных отраслях хозяйственной деятельности и продолжают поступать и накапливаться в морской среде.

Ключевые слова:

загрязнение, стойкие органические загрязнители, хлорорганические пестициды, донные отложения, морская среда.

Введение

Хлорорганические пестициды (ХОП) относятся к стойким органическим загрязнителям (СОЗ) окружающей среды, которые обладают токсичными свойствами, проявляют устойчивость к разложению, характеризуются биоаккумуляцией и являются объектом трансграничного переноса по воздуху, воде и мигрирующими видами, а также осаждаются на большом расстоянии от источника их выброса, накапливаясь в экосистемах суши и водных экосистемах [1].

Проблема загрязнения СОЗ носит глобальный характер, по этой причине в мае 2001 г. в Стокгольме была принята Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях, ратифицированная Российской Федерацией [2].

Загрязнение морской среды СОЗ вызывает особую озабоченность, поскольку морские экосистемы явля-

ются конечным звеном в переносе указанных веществ. Аккумуляция СОЗ в донных осадках связана с их устойчивостью к разложению, гидрофобными свойствами, а также низкой растворимостью в воде, особенно в соленой [3–5]. При попадании их в водную среду в составе взвесей они осаждаются на дно, по этой причине содержание многих экотоксикантов в придонных и поровых водах, а также в донных отложениях намного выше, чем в водной толще. Загрязненные донные отложения могут стать источниками вторичного загрязнения при волновом и ветровом воздействии, но особенно интенсивно оно происходит при проведении буровых и строительных работ [4].

В настоящей работе нами рассматривалось загрязнение донных осадков бухты Находка Японского моря некоторыми видами пестицидов и их производных (ДДТ, гексахлорциклогексан (ГХГЦ) и гексахлорбензол (ГХБ)).

Материалы и методы

Изученность

В рамках государственной программы мониторинга морской среды в открытых, прибрежных и эстуарных районах морей России осуществляются систематические наблюдения за гидрохимическим режимом и за уровнем загрязненности. Наблюдения за состоянием вод осуществляются совместно Дальневосточным региональным научно-исследовательским гидрометеорологическим институтом и Приморским управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Обобщенные результаты наблюдений публикуются в «Ежегоднике качества морских вод по гидрохи-

мическим показателям», подготавливаемом в Государственном океанографическом институте имени Н.Н. Зубова [6–8], в Докладах о состоянии окружающей среды Приморского края [9–12] и в материалах территориальных управлений Росгидромета, отвечающих за региональные выпуски «Ежегодника качества морских вод по гидрохимическим показателям».

В заливе Находка гидрохимические наблюдения проводятся на 12 станциях государственной сети наблюдений (ГСН) (рис. 1). Непосредственно в бухте Находка наблюдения ведутся на трех станциях, в устьевой области р. Партизанская – на одной. На указанных станциях отбираются пробы донных отложений и определяется содержание в них пестицидов группы ГХГЦ (α -, β - и γ -ГХГЦ), ДДТ и его метаболитов.

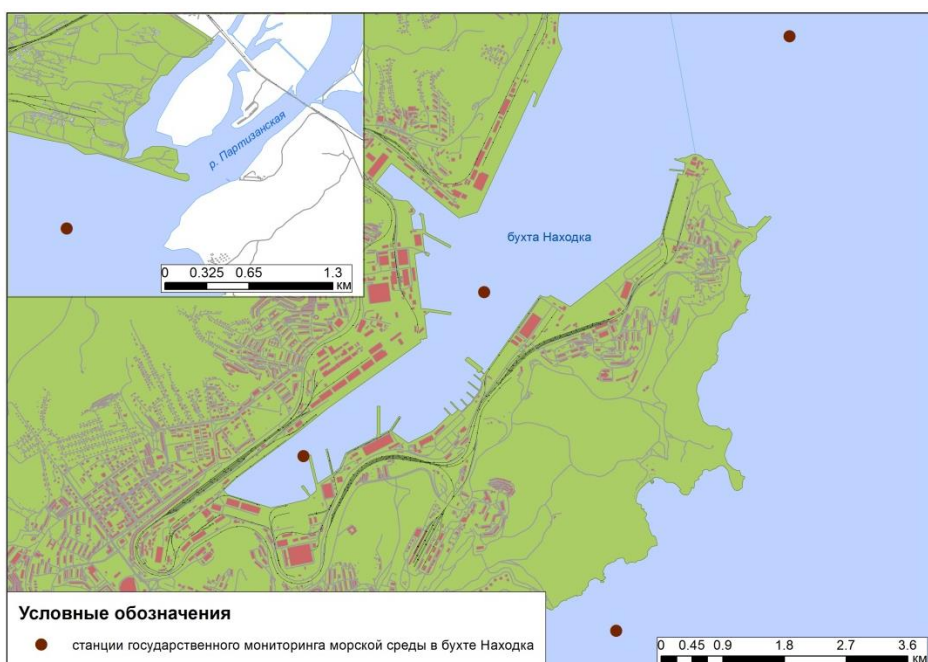


Рис. 1. Станции ГСН в бухте Находка

Fig. 1. State marine observation network in Nakhodka gulf and bay

Значительный вклад в изучение загрязнения морской среды дальневосточных морей и морских устьев рек внесли ученые из Дальневосточного федерального университета, Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (ТИНРО). Опубликованы работы, характеризующие содержание ХОП в морской среде, а также морских экосистемах, отдельных видах организмов [4, 13–16].

Результатом многолетней работы стала выпущенная в 2020 г. монография «Стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) в Дальневосточном регионе: моря, организмы, человек» [13]. В монографии представлены результаты многолетнего изучения СОЗ, в т. ч. ХОП в различных компонентах водной среды, рассмотрены пути их переноса, определены основные организмы-мишени, подверженные их влиянию.

Гидрохимические наблюдения за качеством вод р. Партизанской, согласно карте качества поверхностных вод Российской Федерации, подготовленной Госу-

дарственным гидрохимическим институтом [17], проводятся на одном гидрохимическом посту в двух створах – в г. Партизанск и в черте с. Екатериновка. Качество воды в р. Партизанская в 2020 г. оценивалось как «очень грязное» в черте с. Екатериновка и «загрязненная» в створе г. Партизанск. В открытом доступе данные по загрязнению донных отложений р. Партизанской на сети Росгидромета не представлены.

Характеристика объекта исследования

Залив Находка и одноименная бухта, на побережье которой располагается город Находка, входят в состав акватории залива Петра Великого Японского моря. Гидрологический режим северо-западной части Японского моря определяется его географическим положением, климатическими условиями района, материковым стоком (в закрытых бухтах), приливными явлениями, а также системой течений, которые обуславливают характер распределения температуры, солености и плотности воды. Изменения уровня моря

обусловлены сгонно-нагонными и приливными явлениями, сейшмами и изредка цунами. В описываемом районе на колебания уровня воды в большей степени влияют сгонно-нагонные явления; приливы незначительны. Сгонно-нагонные колебания уровня воды здесь связаны в основном с муссонами и поэтому носят сезонный характер [18].

Особенность гидрологического режима зал. Петра Великого, а также зал. Находка – развитие осенне-зимнего апвеллинга под действием северо-западных ветров в период с сентября по февраль. При этом поверхностные воды из зал. Находка перемещаются в мористую часть зал. Петра Великого, а навстречу им по склону поднимаются холодные и более соленые воды из открытой части акватории [15].

Река Партизанская (до 1972 г. – р. Сучан) берет свои истоки на южных отрогах хребта Сихотэ-Алинь и, пересекая Золотую Долину, впадает в зал. Находка (Японское море) в северной его части и оказывает существенное влияние на гидрохимический режим залива.

В водном режиме р. Партизанской выделяется три фазы: зимняя межень, весеннее половодье и летне-осенние паводки. Половодье обычно начинается в марте–апреле, достигает своего пика в апреле – начале мая, а заканчивается в конце мая – начале июня. В течение всего теплого периода года возможны дождевые паводки, особенно высокие в августе–сентябре. Летне-осенняя межень обычно многоводная

и прерывистая, а иногда отсутствует. Зимняя межень более устойчива.

Эстуарий р. Партизанской относится к русловому типу с двухслойной циркуляцией. По данным [16] для области смешения речных и морских вод в эстуарии р. Партизанской отмечается проникновение морских вод в реку в течение всего периода наблюдений, при этом в зимний сезон (при минимальном стоке реки) происходит максимальное проникновение морских вод в реку. Характерные для зимы на данной территории северные и северо-западные ветры приводят к сгону поверхностных вод в зал. Находка от берега. В этой ситуации возникает придонное противотечение, которое также способствует проникновению морских вод в реку.

Весной (в условиях паводка и смены направления муссонных ветров на южное и юго-восточное) происходит частичное вытеснение морских вод из русла реки. В период летней межени, как и в зимний сезон, проникновение морских вод в русло реки усиливается [15].

Материалы и методы

Оценка загрязненности донных отложений залива Находка пестицидами проводилась по данным, полученным в ходе полевых работ 2020–2021 гг. Пробоотбор осуществляли на 12 станциях, расположенных в бухте Находка и в трех створах в устьевой области р. Партизанской (рис. 2).

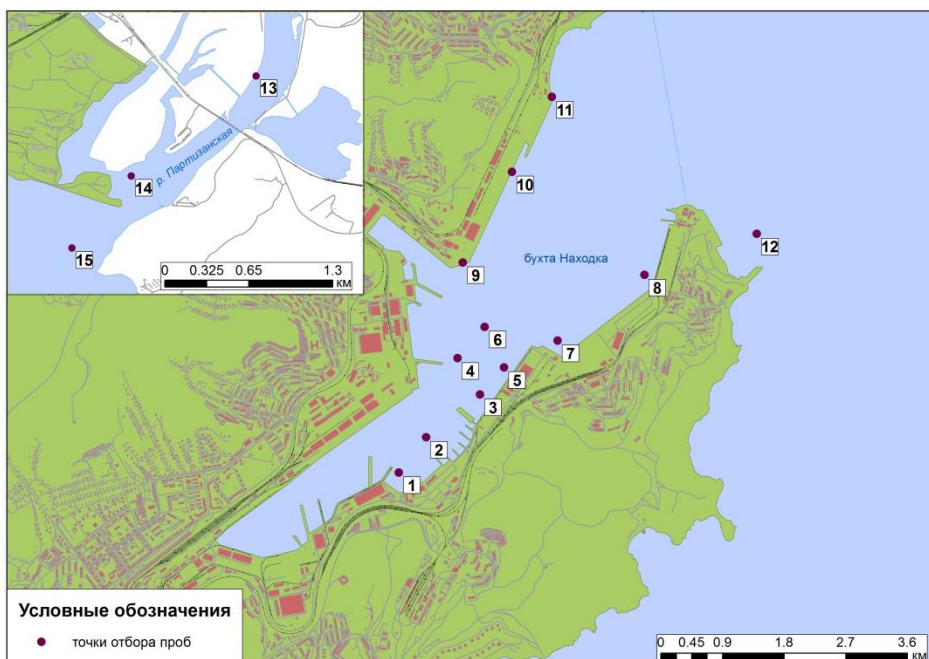


Рис. 2. Точки отбора проб в бухте Находка и в устьевой области р. Партизанской в 2020–2021 гг.

Fig. 2. Sediment sampling points in Nakhodka bay and Partizanskay estuary in 2020–2021

Пробоотбор и пробоподготовку водных образцов осуществляли в соответствии с ГОСТ 31861-2012. Глубина на точках отбора донных отложений в бухте составляла от 10,5 до 15,5 м. Для анализа осадков в лабораторных условиях их высушивали до воздушно-сухого состояния, растирали в ступе и часть пробы

просеивали через сита с диаметром ячеек 0,25 мм для определения концентраций ХОП. В подготовленных таким образом пробах определяли содержание пестицидов группы ДДТ (4,4' –ДДЕ, 4,4' –ДДТ, 4,4' –ДДД, 2,4' –ДДТ), α -, β - и γ -ГХГЦ, в 2018–2019 гг. – содержание ГХБ.

Определение массовых долей ХОП проводили газохроматографическим методом с масс-селективным детектированием (ПНДФ 16.1:2.2:23:3.61-09).

Для морских донных отложений в России в настоящий момент не существует нормативов качества по уровню концентрации загрязняющих веществ. В Ежегодниках качества морских вод степень загрязненности донных отложений оценивается по «голландским листам» (Neue Niederlandische Liste. NNL) [6–8]. Допустимые уровни концентрации ХОП в донных отложениях, согласно «голландским листам», представлены в таблице.

В настоящей работе уровень загрязненности донных отложений оценивался также по канадским нормативам качества для морских и устьевых донных отложений (Canadian Sediment Quality Guidelines, CSQGs) (таблица) [19, 20]. Они были разработаны в ходе полевых исследований, по итогам которых были установлены взаимосвязи между содержанием химических веществ и биологическими последствиями их воздействия на конкретные организмы. Для различных веществ были определены пороговые уровни воздействия (таблица), при которых наблюдаются минимальные биологические эффекты.

Таблица. Допустимые уровни концентрации ХОП в морских донных осадках по [6–8, 19, 20]

Table. Sediment quality criteria for organochlorine pesticides (OCP) in marine and estuary sediments [6–8, 19, 20]

Загрязняющие вещества Pollutants	NNL, (нг/г)/(ng/g)	CSQGs (мкг/кг)/(μg/kg)
ДДТ/DDT	–	1,22
ДДЕ/DDE	–	2,07
ДДД/DDD	–	1,19
Сумма ДДТ, ДДД и ДДЭ Total DDT+DDE+DDD	2,5	–
α-ГХГЦ/(α-HCH)	–	–
γ-ГХГЦ (линдан) γ-HCH (lindan)	0,05	0,32

Результаты и обсуждение

Для определения качества донных отложений нами было проведено сравнение полученных в ходе полевых работ среднегодовых значений концентраций ХОП в донных отложениях бухты Находка с нормативами, представленными в таблице.

Содержание гексахлорциклогексана и его изомеров (ГХГЦ). ГХГЦ используется как инсектицид, он существует в виде нескольких изомеров: α-ГХГЦ, β-ГХГЦ и γ-ГХГЦ (линдан). β-ГХГЦ наиболее устойчив в живых организмах и передается по пищевым цепям. Для α- и β-ГХГЦ не установлены уровни допустимых концентраций ни по «голландским листам», ни по канадским CSQGs, для γ-ГХГЦ нормативы представлены в таблице.

Данные, полученные за 2020–2021 гг., показали, что в пространственном распределении содержания изомеров ГХГЦ в донных отложениях бухта Находка не прослеживаются отчетливых закономерностей. Лишь в устьевой области р. Партизанской отмечается снижение содержания изомеров ГХГЦ по мере приближения к устьевому бару.

В донных отложениях бухты Находка в 2021 г. на ряде станций выявлено увеличение содержания α-ГХГЦ (рис. 3), рост отмечен в центральной части бухты. Зафиксировано также значительное повышение уровня загрязненности донных отложений в устьевой области р. Партизанской – точка № 13. Среднее по бухте Находка содержание α-ГХГЦ составило 0,1476 мкг/кг в 2020 г., в 2021 г. – 0,2483 мкг/кг. Максимальная концентрация составила 0,8956 мкг/кг на станции № 9 (вход в бухту) в 2021 г., в 2020 г. – 0,7063 мкг/кг на станции № 6.

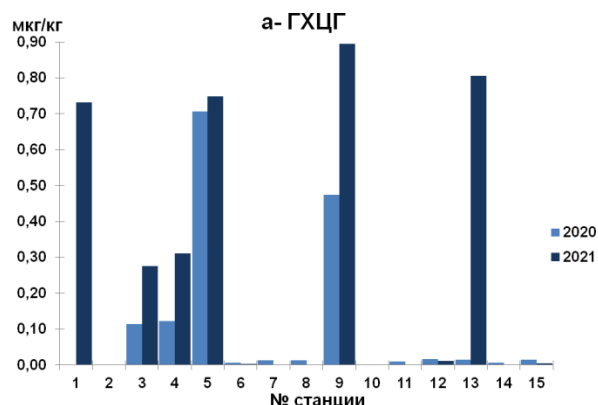


Рис. 3. Динамика средней годовой концентрации α-ГХГЦ в донных отложениях залива Находка и устьевой области р. Партизанской по данным наблюдений

Fig. 3. α-HCH concentration trends in bottom sediments of Nakhodka bay and Partizanskaya river

Среднее содержание β-ГХГЦ в донных отложениях изменилось незначительно: 0,1737 мкг/кг в 2020 г. и 1,6235 мкг/кг в 2021 г. Максимальное содержание β-ГХГЦ отмечено на станциях 7–9 и 11, расположенных вдоль причальных стенок на входе в бухту в 2021 г. (около 5,7 мкг/кг, рис. 4). Отмечен рост содержания β-ГХГЦ на станции 13 в устьевой области р. Партизанской. Наиболее загрязненными оказались донные отложения, отобранные на входе бухты.

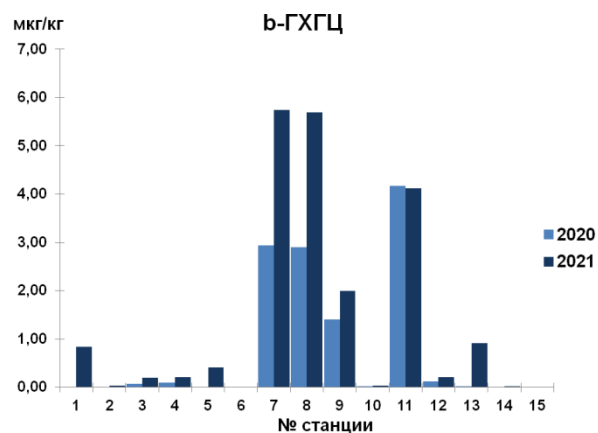


Рис. 4. Динамика средней годовой концентрации β-ГХГЦ в донных отложениях залива Находка и устьевой области р. Партизанской по данным наблюдений

Fig. 4. β-HCH concentration trends in bottom sediments of Nakhodka bay and Partizanskaya river

Загрязнение γ -ГХГЦ распределено по бухте неоднородно – максимальные содержания отмечались в 2020–2021 гг. на станциях 5 (кутовая часть бухты) и 9 (причальная стенка у Морского речного вокзала), а также в устьевой области реки Партизанской (рис. 5).

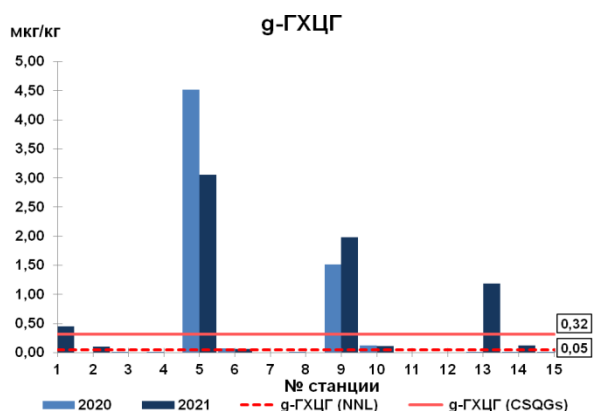


Рис. 5. Динамика средней годовой концентрации γ -ГХГЦ в донных отложениях залива Находка и устьевой области р. Партизанской по данным наблюдений

Fig. 5. γ -HCH concentration trends in bottom sediments of Nakhodka bay and Partizanskaya river

Среднегодовое содержание γ -ГХГЦ превышает допустимые значения по «голландским листам» на

всех станциях (в среднем в 12,5 раз в 2020 г. и 9,5 в 2021 г.), среднее годовое превышение канадских нормативов CSQGs в 2020 г. составило 1,9 ДК, в 2021 г. – 1,5 ДК. В устье р. Партизанской отмечен рост содержания γ -ГХГЦ в точке № 13 – 3,7 ДК по CSQGs в 2021 г.

На рис. 6 показано пространственное распределение γ -ГХГЦ в донных отложениях за период наблюдений. Максимальное загрязнение в 2020–2021 гг. отмечалось в районе Морского вокзала Находка и у противоположного берега.

Соотношение концентраций α - и γ -изомеров также может использоваться для оценки времени нахождения их в окружающей среде. Отношение α -ГХГЦ/ γ -ГХГЦ, превышающее единицу, говорит о продолжительном присутствии ГХГЦ в окружающей среде [14, 21]. Указанное соотношение, рассчитанное по станциям отбора проб, составило 0,1973, что свидетельствует о свежем поступлении γ -ГХГЦ в донные отложения.

Пестициды группы ДДТ. ДДТ – хлорорганический пестицид, производное хлорбензола. Использовался как инсектицид, запрещен к использованию во многих странах мира. За период с 1940 по 1970 гг. в мире было использовано 1,5 млн т ДДТ [22]. Тем не менее он рекомендован ВОЗ для борьбы с переносчиками малярии, используется для этих целей в некоторых странах Азии и Африки [23].

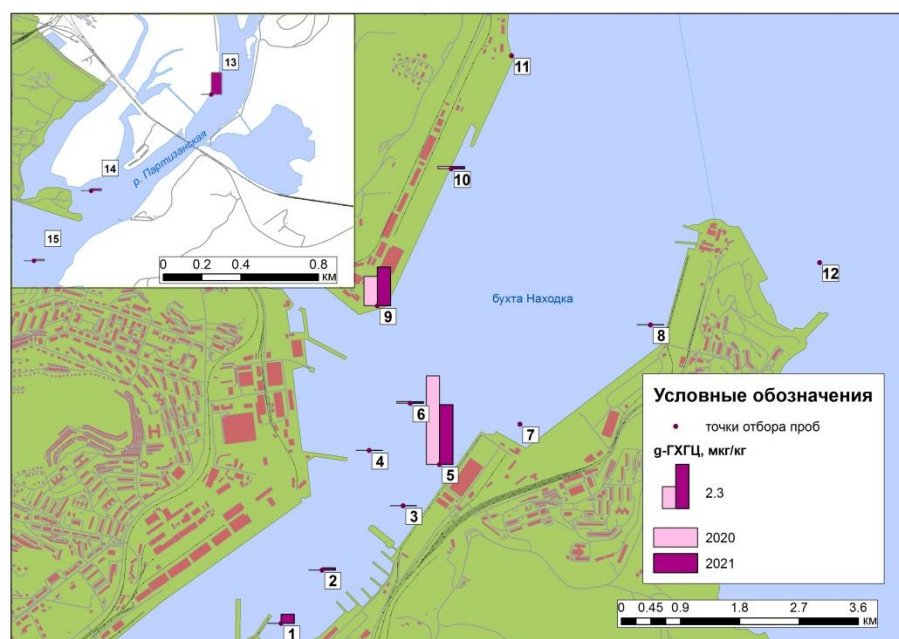


Рис. 6. Содержание γ -ГХГЦ в различных частях бухты Находка в 2020–2021 гг.

Fig. 6. Spatial distribution of γ -HCH in bottom sediments in different parts of Nakhodka bay in 2020 and 2021

Два основных и наиболее значимых метаболита ДДТ – ДДД (DDD, дихлордифенилди-хлорэтан) и ДДЕ (DDE, дихлордифенилди-хлорэтилен).

Среднее по бухте Находка содержание ДДЕ в донных отложениях в 2020 г. составило 0,0129 мкг/кг, а в 2021 г. его содержание снизилось и составило уже 0,053 мкг/кг (рис. 7). Превышений допустимых концентраций по канадским нормативам CSQGs не отмечено.

Среднее за год содержание ДДД в 2020 г. составило 0,0215 мкг/кг, а в 2021 г. снизилось до 0,0156 мкг/кг. Превышений допустимых концентраций по канадским нормативам CSQGs не отмечено (рис. 8).

Сумма указанных пестицидов в бухте Находка также не превышает допустимые уровни по «голландским листам» (рис. 10).

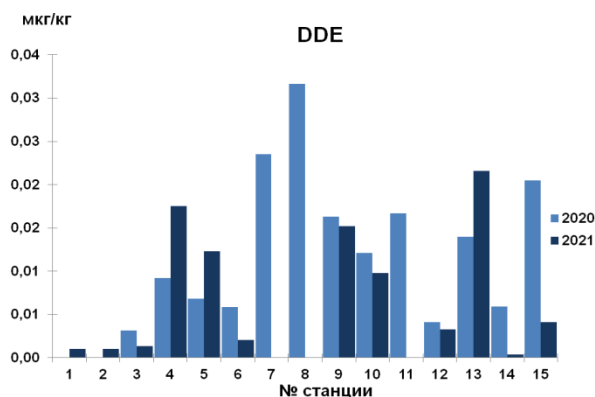


Рис. 7. Динамика средней годовой концентрации ДДЕ в донных отложениях залива Находка и устьевой области р. Партизанской по данным наблюдений

Fig. 7. DDE concentration trends in bottom sediments of Nakhodka bay and Partizanskaya river

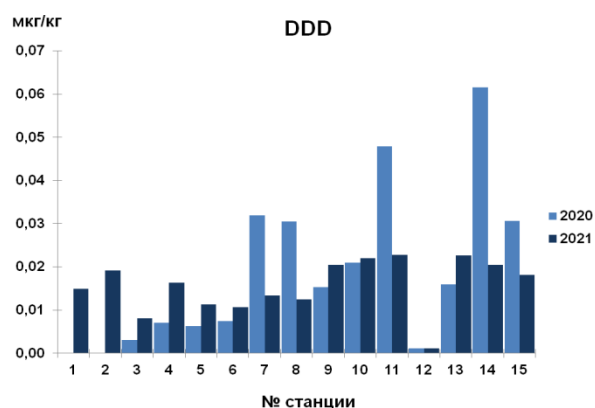


Рис. 8. Динамика средней годовой концентрации ДДД в донных отложениях залива Находка и устьевой области р. Партизанской по данным наблюдений

Fig. 8. DDD concentration trends in bottom sediments of Nakhodka bay and Partizanskaya river

В 2021 г. отмечено незначительное увеличение содержания ДДТ в донных отложениях (0,0085 мкг/кг в 2020 г. и 2021 г. 0,0098 мкг/кг, рис. 9). Превышения содержания по CSQGs отмечено не было.

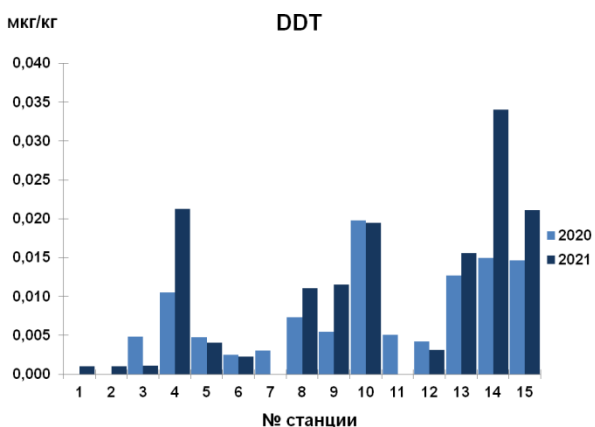


Рис. 9. Динамика средней годовой концентрации ДДТ в донных отложениях залива Находка и устьевой области р. Партизанской по данным наблюдений

Fig. 9. DDT concentration trends in bottom sediments of Nakhodka bay and Partizanskaya river

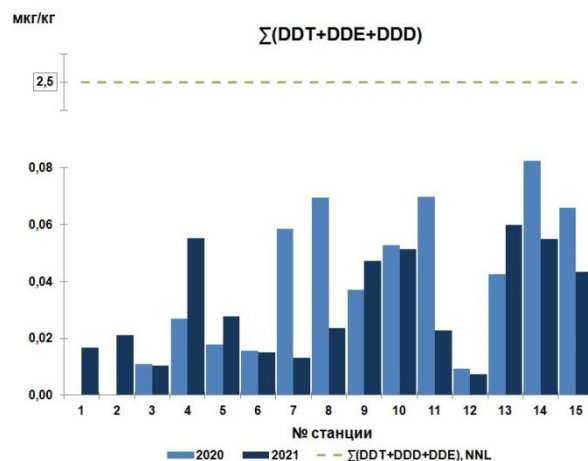


Рис. 10. Динамика средних годовых суммарных концентраций ДДЕ, ДДД и ДДТ в донных отложениях залива Находка и устьевой области р. Партизанской по данным наблюдений

Fig. 10. Total DDT, DDE and DDD concentration trends in bottom sediments of Nakhodka bay and Partizanskaya river

Как видно на рис. 11, максимальное содержание пестицидов группы ДДТ (сумма ДДТ, ДДД и ДДЕ) в 2020 г. отмечалось на входе в бухту (станции 7–11), в 2021 г. сместилось к центральной ее части.

Основные источники загрязнения морской среды. Формирование химического состава донных отложений происходит под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. В связи с растущей антропогенной нагрузкой отмечается особое влияние антропогенного фактора. Поступление загрязняющих веществ в морскую среду происходит преимущественно со стоком рек, от рассредоточенных (диффузный сток) и точечных источников.

Бухта Находка в хозяйственном отношении освоена раньше других акваторий. Основным источником загрязнения залива и бухты Находка являются городские и промышленные стоки города и порта Находка.

Акватория Находкинского морского транспортного порта состоит из внутреннего и внешнего рейдов. Здесь расположены морские рыбный и торговый порты, в т. ч. угольные терминалы (терминалы № 1 и на мысе Астафьева). Вдоль берегов бухты почти на всем протяжении сооружены причалы.

Также на берегах бухты расположены судоремонтные предприятия, крупный железнодорожный узел и завод железобетонных конструкций.

В работах [5, 24] показано, что с поверхностным стоком с сельскохозяйственных угодий, где ранее могли использоваться ХОП, возможно поступление их в речную сеть, а затем и в море.

Часть ХОП поступает со стоком р. Партизанской, с водами которой выносятся стоки г. Партизанска и стоки с расположенных в ее водосборной площади сельскохозяйственных угодий [13]. По данным, опубликованным в СМИ, выявлялись случаи использования запрещенных в России пестицидов в фермерских хозяйствах Партизанского муниципального района.

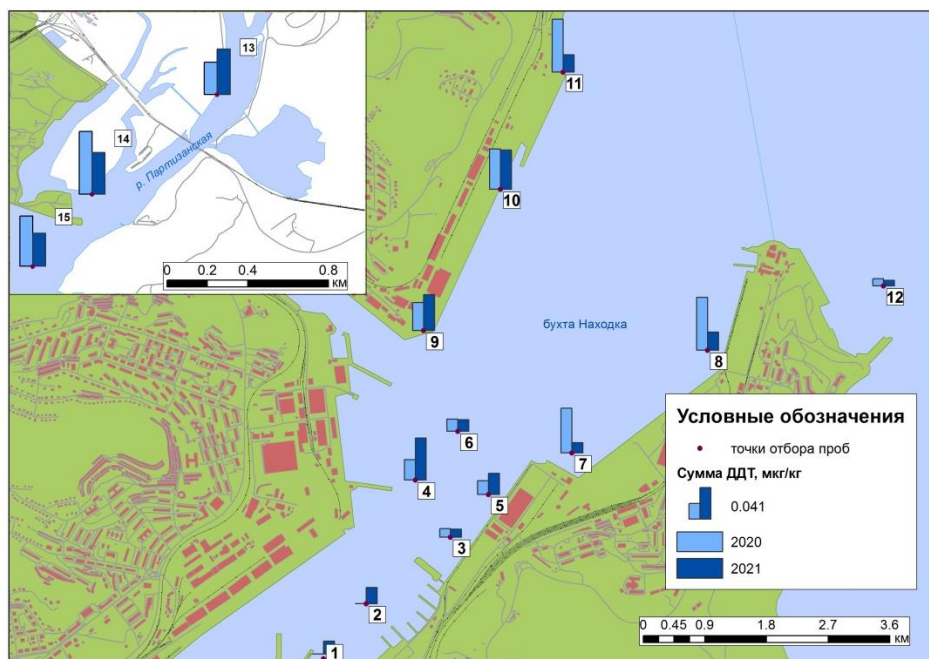


Рис. 11. Содержание пестицидов группы ДДТ в различных частях бухты Находка в 2020 и 2021 гг.

Fig. 11. Spatial distribution of total DDT, DDE and DDD in bottom sediments in different parts of Nakhodka bay in 2020 and 2021

Кроме того, в воды р. Партизанской могут поступать остаточные количества исследованных ХОП, содержащиеся в почвах. По данным [25], в соседнем с Партизанским Чугуевском районе проводился отбор проб почв для определения остаточного количества (ОК) пестицидов на трех полях КФХ «Неретин». Площадь обследования составила 127 га. По результатам анализа ОК средняя сумма ДДТ в почве составила 0,047 мг/кг, максимальное содержание составило 0,091 мг/кг, что не превысило гигиенический норматив. Содержание ОК суммы ГХЦГ не обнаружено.

Одним из возможных источников поступления ХОП в морскую среду является трансграничный перенос, в т. ч. с территории Китая. С 1950–1983 гг. в Китае было произведено 4,9 млн т ГХЦГ и 0,4 млн т ДДТ, а до официального запрета использования указанных ХОП Китай являлся одним из крупнейших производителей и потребителей [26].

Важным источником поступления ДДТ в окружающую среду является использование противообрастающих красок, содержащих ДДТ, которые применялись в Китае для защиты рыболовецких судов. По данным некоторых исследований, до 150–300 млн т ДДТ может поступать в морскую среду вследствие использования подобных красок [26]. Кроме того, на территории Китая разрешен к использованию акарицид дикофол, содержащий от 3 до 7 % ДДТ [27, 28].

Еще одним источником поступления ДДТ в морскую среду является деятельность по разведению аквакультуры. Результаты исследований [29–31] показали, что комбикорма и кормовая рыба с высоким содержанием рыбьего жира, используемые в рыбных хозяйствах, могут содержать ДДТ. С рыбохозяйственных предприятий остатки этих кормов попадают в окружающую среду без очистки.

ХОП также могут попадать в морскую среду с атмосферными осадками [32]. Как отмечено в [33], существует возможность трансграничного атмосферного переноса с территории азиатских стран, в т. ч. Китая, и осадения ХОП на Дальнем Востоке России. После испарения с поверхности почвы они переносятся воздушными потоками в атмосфере или как газы, или в адсорбированном состоянии на атмосферных аэрозольных частицах. Отрицательные температуры способствуют осадению СОЗ на почву. Господствующие в зимний период времени на юго-западе Хабаровского края и на западе Приморского края юго-западные ветра способствуют переносу СОЗ.

ДДТ и продукты его распада обладают полупереносными свойствами, в результате они могут распространяться на дальние расстояния и обнаруживаться вдали от источников их применения. Присутствие ГХЦГ в окружающей среде вдали от источников также может свидетельствовать о трансграничном переносе с атмосферными осадками [34].

С территории Китая также возможно поступление пестицидов с морскими течениями. С поверхностным стоком пестициды поступают в Южно-Китайское море, часть ветви Японского течения (Курисио) Желтого моря подхватывает загрязненные воды и входит в Японское море (Цусимское течение). Небольшая часть Цусимского течения выходит в Охотское море и затем Приморским течением переносится в залив Петра Великого.

Дополнительным источником поступления ХОП в природную среду могут быть также места хранения, захоронения или прямого сброса в водные объекты [28].

Заключение

Несмотря на запрет использования ХОП, они по-прежнему обнаруживаются в различных компонентах окружающей среды в связи с их устойчивостью в окружающей среде, а также по причине содержания их в составе соединений, используемых в различных видах деятельности (аквакультура, противообрастающие краски для судов).

Проведенные в 2020–2021 гг. работы показали, что донные отложения бухты Находка и устьевой области загрязнены пестицидами группы ГХГЦ (α -, β - и γ -ГХГЦ), ДДТ и его метаболитами. Их содержание за

указанный период изменилось незначительно, и для большинства исследованных пестицидов загрязнение не превышало уровней допустимых концентраций, использованных в качестве нормативных в данной работе. Исключением является только γ -ГХГЦ – среднегодовое содержание γ -ГХГЦ превышает допустимые значения по «голландским листам» на всех станциях (в среднем в 12,5 раз в 2020 г. и 9,5 в 2021 г.), среднее годовое превышение канадских нормативов CSQGs в 2020 г. составило 1,9 ДК, в 2021 г. – 1,5 ДК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/pollutants.pdf (дата обращения 05.05.2022).
2. Федеральный закон «О ратификации Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях» от 27.06.2011 N 164-ФЗ (последняя редакция). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_115628/ (дата обращения 01.04.2022).
3. Avellan A., Duarte A., Rosa-Santos T. Organic contaminants in marine sediments and seawater: review for drawing environmental diagnostics and searching for informative predictors // *Science of The Total Environment*. – 2021. – V. 808. – 152012.
4. Лукьянова О.Н., Цыганков В.Ю. Морская экотоксикология. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2017. – 136 с.
5. Distribution, sources and ecological risks of organochlorine compounds (DDTs, HCHs and PCBs) in surface sediments from the Pearl River Estuary, China / D. Tang, X. Liu, H. He, Zh. Cui, H. Gan, Zh. Xia // *Marine pollution bulletin*. – 2020. – V. 152.
6. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2020 / под ред. А.Н. Коршенко. – М.: Наука, 2021. – 230 с.
7. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2019 / под ред. А.Н. Коршенко. – М.: Наука, 2020. – 200 с.
8. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2018 / под ред. А.Н. Коршенко. – М.: Наука, 2019. – 224 с.
9. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае за 2018 г. / Администрация Приморского края. Департамент по экологии. URL: <https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/report-on-the-environmental-situation-1.php> (дата обращения 15.05.2022).
10. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае за 2019 г. / Администрация Приморского края. Департамент по экологии. URL: <https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/report-on-the-environmental-situation-1.php> (дата обращения 15.05.2022).
11. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае за 2020 г. / Администрация Приморского края. Департамент по экологии. URL: <https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/report-on-the-environmental-situation-1.php> (дата обращения 15.05.2022).
12. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае за 2021 г. / Администрация Приморского края. Департамент по экологии. URL: <https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/report-on-the-environmental-situation-1.php> (дата обращения 29.06.2022).
13. Стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) в Дальневосточном регионе: моря, организмы, человек: монография / В.Ю. Цыганков, М.М. Донец, Н.К. Христофорова, Ю.П. Гумовская, А.В. Полевщиков, А.Н. Гумовский, М.Д. Боярова, А.П. Черняев, М.С. Лягуша, О.Ю. Бусарова, В.А. Лях, А.В. Литвиненко, П.Ф. Кику, И.П. Коваль, В.В. Усов. – Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2020. – 344 с.
14. Tsygankov V.Yu. Organochlorine pesticides in marine ecosystems of the Far Eastern Seas of Russia (2000–2017) // *Water research*. – 2019. – V. 161. – P. 43–53.
15. Гидрохимический режим эстуария реки Партизанской (залив Находка, Японское море) / Г.Ю. Павлова, П.Я. Тищенко, П.Ю. Семкин, Е.М. Шкирникова, Т.А. Михайлик, Ю.А. Барабанщиков // *Водные ресурсы*. – 2015. – Т. 42. – № 4. – С. 396.
16. Динамика и структура вод в эстуарии реки Партизанской (залив Находка, Японское море) / П.Ю. Семкин, П.Я. Тищенко, В.Б. Лобанов, А.Ф. Сергеев, Ю.А. Барабанщикова, Т.А. Михайлик, Г.Ю. Павлова, А.В. Костылева, Е.М. Шкирникова, П.П. Тищенко, Т.Л. Чижова // *Водные ресурсы*. – 2019. – Т. 46. – № 1. – С. 24–34.
17. ГИС: Качество поверхностных вод Российской Федерации // Государственный гидрохимический институт. URL: <https://www.arcgis.com/apps/instant/interactivelegend/index.html?appid=bb63cf5e22f94791a6b3bfee67a42695> (дата обращения 30.06.2022).
18. Проект «Моря». Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том VIII Японское море. Выпуск 1 Гидрометеорологические условия / под ред. А.С. Васильева, Ф.С. Терзиева, А.Н. Косарева. – СПб: Гидрометеиздат, 2003. – 398 с.
19. Canadian Sediment Quality Guidelines for DDTs. URL: <https://www.for.gov.bc.ca/hfd/library/documents/bib96709.pdf> (дата обращения 01.04.2022).
20. Canadian Council of Ministers of the Environment, Canadian Environmental Quality Guidelines. URL: <https://ccme.ca/en/summary-table> (дата обращения 01.04.2022).
21. Galanopoulos S., Vgenopoulos A., Conispolitis N. DDTs and other chlorinated organic pesticides and polychlorinated biphenyls pollution in the surface sediments of Keratsini harbour, Saronikos gulf, Greece // *Marine pollution bulletin*. – 2005. – V. 50. – P. 520–525.
22. IPEN Ocean Pollutants Guide. URL: <https://ipen.org/news/new-release-ipen-ocean-pollutants-guide-now-available> (дата обращения 1 апреля 2022).
23. DDT – A Brief History and Status // United States Environmental Protection Agency. DDT URL: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/ddt-brief-history-and-status#:~:text=The%20WHO%20position%20is%20consistent,or%20not%20to%20use%20DDT> (дата обращения 1 мая 2022 г.).
24. Ezemonye L.I., Ikpesu T.O., Tongo I. Distribution of lindane in water, sediment, and fish from the Warri River of the Niger Delta, Nigeria // *Arh Hig Rada Toksikol*. – 2008. – V. 59 (4). – P. 261–270.
25. Ежегодник «Состояние загрязнения пестицидами объектов природной среды Российской Федерации в 2020 г.». – Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2021. – 88 с.
26. Organochlorine pesticides in soil, water and sediment along the Jinjiang River mainstream to Quanzhou Bay, southeast China / D. Yang, Sh. Qi, J. Zhang, Ch. Wu, X. Xing // *Ecotoxicology and environmental safety*. – 2013. – V. 89. – P. 59–65.
27. Spatial distribution and sources of organochlorine pesticides in surface waters of Shanghai, China / C. Chen, T. Li, W. Zou, S. Chen, K. Zhang, L. Ma // *SN Applied Sciences*. – 2020. – V. 2. – art. 1739.
28. Трансформация и форма поступления дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) в почвы Москвы / Г.И. Агапкина, Е.С. Бродский, А.А. Шелепчиков, М.В. Артюхова // *Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение*. – 2017. – № 3. – С. 39–46.

29. Occurrence and possible sources of organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) along the Chao River, China / Y. Yang, Y. Li, Zh. Shen, Zh. Yang, L. Mo, Ya. Kong, I. Lou // *Chemosphere*. – 2014. – V. 114. – P. 136–143.
30. Global assessment of organic contaminants in farmed salmon / R.A. Hites, J.A. Foran, D.O. Carpenter, M.C. Hamilton, B.A. Knuth, S.J. Schwager // *Science*. – 2004. – V. 303 (5655). – P. 226–229.
31. Contamination by polybrominated diphenyl ethers and persistent organochlorines in catfish and feed from Mekong River Delta, Vietnam / N.H. Minh, Minh T.B., N. Kajiwarra, T. Kunisue, H. Iwata, P.H. Viet // *Environmental toxicology and chemistry*. – 2006. – V. 25.
32. Ростов И.Д., Рудых Н.И., Ростов В.И. Межгодовая динамика уровня загрязненности акваторий залива Петра Великого за последние 40 лет // *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. – 2015. – № 6 (184). – С. 49–63.
33. Распределение стойких органических загрязнителей в системе почва – атмосферный воздух в Сибири и на Дальнем Востоке / Е.А. Мамонтова, Е.Н. Тарасова, М.И. Кузьмин, Б.З. Борисов, А.П. Бульбан, С.И. Левшина, Е.В. Лепская, О.Д. Трегубов, С.Г. Юрченко, А.А. Мамонтов // *Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. – 2014. – № 5. – С. 418–428.
34. Executive summary of the report prepared by the Joint Task Force on the Health Aspects of Air Pollution of the World Health Organization // European Centre for Environment and Health and the Executive Body. URL: <https://digitallibrary.un.org/record/468102?ln=en> (дата обращения 01.07.2022).

Поступила: 14.12.2022 г.

Прошла рецензирование: 22.02.2023 г.

Информация об авторах

Мазлова Е.А., доктор технических наук, профессор Российского государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина.

Блиновская Я.Ю., доктор технических наук, профессор Дальневосточного федерального университета.

Соколова Л.И., кандидат химических наук, профессор Дальневосточного федерального университета.

Турсунова Г.Ш., аспирант кафедры промышленной экологии Российского государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина.

UDC 502.052, 504.054

ORGANOCHLORINE PESTICIDES POLLUTION OF THE BOTTOM SEDIMENTS OF NAKHODKA BAY AND PARTIZANSKAYA RIVER

Elena A. Mazlova¹,
mazlovaea@gmail.com

Yana Yu. Blinovskaya²,
blinovskaya@hotmail.com

Larisa I. Sokolova²,
lisokolova@bk.ru

Gulnara Sh. Tursunova¹,
merkora@gmail.com

¹ I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University),
65, Lenin avenue, Moscow, 119991, Russia.

² Far Eastern Federal University,
10 Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russia.

Relevance. The new data on the organochlorine pesticides pollution of the bottom sediments of Nakhodka bay and Partizanskaya river were obtained in 2020–2021.

The objective of the article is to report the organochlorine pesticides pollution level of the bottom sediments and to define the possible sources of organochlorine pesticides in the marine environment

Techniques: sample collection of bottom sediments, Gas Chromatography Mass Spectrometry analysis of samples, Gas-liquid Chromatography method with electronic capture detector, statistical processing, assessment of the organochlorine pesticides contamination of sediments

Results. The new data were obtained on the organochlorine pesticides concentrations in Nakhodka bay in 2020–2021. The previous data on the studied area are described. The concentration of HCH pesticides (α -, β - and γ -HCH), DDT and its metabolites was analyzed. It was found that the concentration of α -, β - HCH and DDT in bottom sediments increased in 2021. To determine the quality of bottom sediments, the average annual values of organochlorine pesticides concentrations in the bottom sediments gathered during the field works were compared with the quality guidelines. There are no approved quality guidelines for maximum permissible concentrations of pollutants in bottom sediments in the Russian Federation. For this reason, the quality guidelines applied in foreign countries («Dutch sheets» (Neue Niederländische Liste, NNL) and Canadian quality standards for marine and estuarine bottom sediments (Canadian Sediment Quality Guidelines, CSQGs)) were used. Possible sources of organochlorine pesticides in the marine environment were analyzed. The results of this work showed that despite the ban on the use of these substances, these pesticides are included in the multiple compounds used in different industries and continue to enter and accumulate in the marine environment.

Key words:

pollution, persistent organic pollutants, organochlorine pesticides, bottom sediments, marine environment.

REFERENCES

1. Stokgolmskaya konventsia o stoykikh organicheskikh zagryaznitelyakh [Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants]. 2001. Available at: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/pollutants.pdf (accessed 5 May 2022).
2. Federalny zakon «O ratifikatsii Stokgolmskoy konventsii o stoykikh organicheskikh zagryaznitelyakh» ot 27.06.2011 (poslednyaya redaktsiya) [Federal Law «On Ratification of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants» N 164-FZ of 06.27.2011]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_115628/ (accessed 1 April 2022).
3. Avellan A., Duarte A., Rosa-Santos T. Organic contaminants in marine sediments and seawater: A review for drawing environmental diagnostics and searching for informative predictors. *Science of The Total Environment*, 2022, vol. 808, 152012.
4. Lukyanova O.N., Tsygankov V.Yu. *Morskaya ekotoksikologiya* [Marine ecotoxicology]. Vladivostok, Far East Federal University Press, 2017. 136 p.
5. Tang D., Liu X., He H., Cui Zh., Gan H., Xia Zh. Distribution, sources and ecological risks of organochlorine compounds (DDTs, HCHs and PCBs) in surface sediments from the Pearl River Estuary, China. *Marine pollution bulletin*, 2020, vol. 152.
6. *Kachestvo morskikh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam. Ezhegodnik 2020* [Marine Water Pollution. Annual Report 2020]. Ed. by A.N. Korshenko. Moscow, Nauka Publ., 2021. 230 p.
7. *Kachestvo morskikh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam. Ezhegodnik 2019* [Marine Water Pollution. Annual Report 2019]. Ed. by A.N. Korshenko. Moscow, Nauka Publ., 2020. 200 p.
8. *Kachestvo morskikh vod po gidrokhimicheskim pokazatelyam. Ezhegodnik 2018* [Marine Water Pollution. Annual Report 2018]. Ed. by A.N. Korshenko. Moscow, Nauka Publ., 2019. 224 p.
9. *Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Primorskom krae za 2018 g.* Administratsiya Primorskogo kraia. Departament po ekologii [Report on the environmental situation in Primorsky district in 2018. Primorsky district administration. Environmental Department]. Available at: <https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/report-on-the-environmental-situation-1.php> (accessed 15 May 2022).
10. *Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Primorskom krae za 2019 g.* Administratsiya Primorskogo kraia. Departament po ekologii [Report on the environmental situation in Primorsky district in 2019. Primorsky district administration. Environmental Department]. Available at: <https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/report-on-the-environmental-situation-1.php> (accessed 15 May 2022).
11. *Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Primorskom krae za 2020 g.* Administratsiya Primorskogo kraia. Departament po ekologii [Report on the environmental situation in Primorsky district in 2020. Primorsky district administration. Environmental Department]. Available at: <https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/report-on-the-environmental-situation-1.php> (accessed 15 May 2022).

- agencies/departments/environment/report-on-the-environmental-situation-1.php (accessed 15 May 2022).
12. *Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Primorskom krae za 2021 g.* Administratsiya Primorskogo kraia. Departament po ekologii [Report on the environmental situation in Primorsky district in 2021. Primorsky district administration. Environmental Department]. Available at: <https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/report-on-the-environmental-situation-1.php> (accessed 29 June 2022).
 13. Tsygankov V.Yu., Donets M.M., Khristoforova N.K., Gumovskaya Yu.P., Polevshchikov A.V., Gumovsky A.N., Boyarova M.D., Chernyaev A.P., Lyagusha M.S., Busarova O.Yu., Lyakh V.A., Litvinenko A.V., Kiku P.F., Koval I.P., Usov V.V. *Stoikiye organicheskie zagryaznyayushchie veshchestva (SOZ) v Dalnevostochnom regione: morya, organizmy, chelovek: monografiya* [Persistent organic pollutants (POPs) in the Far Eastern Region: Seas, Organisms]. Vladivostok, Far East Federal University Press, 2020. 344 p.
 14. Tsygankov V.Yu. Organochlorine pesticides in marine ecosystems of the Far Eastern Seas of Russia (2000–2017). *Water research*, 2019, vol. 161, pp. 43–53.
 15. Pavlova G.Y., Tishchenko P.Y., Semkin P.Y., Shkirknikova E.M., Mikhailik T.A., Barabanshchikov Y.A. Hydrochemical regime of the Partizanskaya r. estuary, Nakhodka bay, the sea of Japan. *Water resources*, 2015, vol. 42 (4), pp. 468–476.
 16. Semkin P.Y., Tishchenko P.Y., Lobanov V.B., Sergeev A.F., Barabanshchikov Y.A., Mikhailik T.A., Pavlova G.Y., Shkirknikova E.M., Tishchenko P.P., Chizhova T.L., Kostyleva A.V. Water dynamics and structure in the estuary of the Partizanskaya river (Nakhodka bay, sea of Japan). *Water resources*, 2019, vol. 42 (4), pp. 24–34. In Rus.
 17. *GIS: Kachestvo poverkhnostnykh vod Rossiiskoy Federatsii. Gosudarstvennyy gidrokhimicheskiy institut* [Surface waters quality of the Russian Federation GIS. State hydrological institute]. Available at <https://www.arcgis.com/apps/inspector/interactivelog/index.html?appid=bb63cf5e22f94791a6b3bfee67a42695> (accessed 30 June 2022).
 18. Vasilev A.S., Terziev F.S., Kosarev A.N. *Proekt «Morya». Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morey. T. VIII. Yaponskoe more. Vyp. 1. Gidrometeorologicheskie usloviya* [The Seas project. Marine hydrometeorology and hydrochemistry. Vol. VIII. Japan sea. Iss. 1. Hydrometeorology]. Saint Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 2003. 398 p.
 19. *Canadian Sediment Quality Guidelines for DDTs*. Available at: <https://www.for.gov.bc.ca/hfd/library/documents/bib96709.pdf> (accessed 1 April 2022).
 20. *Canadian Council of Ministers of the Environment, Canadian Environmental Quality Guidelines*. Available at: <https://ccme.ca/en/summary-table> (accessed 1 April 2022).
 21. Galanopoulou S., Vgenopoulos A., Conisopolitis N. DDTs and other chlorinated organic pesticides and polychlorinated biphenyls pollution in the surface sediments of Keratsini harbour, Saronikos gulf, Greece. *Marine pollution bulletin*, 2005, vol. 50, pp. 520–525.
 22. *IPEN Ocean Pollutants Guide*. Available at: <https://ipen.org/news/new-release-ipen-ocean-pollutants-guide-now-available> (accessed 1 April 2022).
 23. *DDT – A Brief History and Status*. United States Environmental Protection Agency. Available at: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/ddt-brief-history-and-status#:~:text=The%20WHO%20position%20is%20consistent,or%20not%20to%20use%20DDT> (accessed 1 May 2022).
 24. Ezemonye L.I., Ikpesu T.O., Tongo I. Distribution of Lindane in Water, Sediment, and Fish from the Warri River of the Niger Delta, Nigeria. *Arh Hig Rada Toksikol*, 2008, vol. 59 (4), pp. 261–270.
 25. *Ezhegodnik «Sostoyanie zagryazneniya pestitsidami obektov prirodnoy sredy Rossiiskoy Federatsii v 2020 g.»* [Pesticides pollution of the environment. Annual report 2020]. Obninsk, «NPO «Taifun»» Publ., 2021. 88 p.
 26. Yang D., Qi Sh., Zhang J., Wu Ch., Xing X. Organochlorine pesticides in soil, water and sediment along the Jinjiang River mainstream to Quanzhou Bay, southeast China. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2013, vol. 89, pp. 59–65.
 27. Chen C., Li T., Zou W., Chen S., Zhang K., Ma L. Spatial distribution and sources of organochlorine pesticides in surface waters of Shanghai, China. *SN Applied Sciences*, 2020, vol. 2, art. 1739.
 28. Agapkina G.I., Brodskii E.S., Shelepchikov A.A., Artyukhova M.V. Transformatsiya i forma postupleniya dikhlordifeniltrikhloretana (DDT) v pochvy Moskvy [Transformation and applying form of dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) in soils of Moscow city]. *Bulletin of the Moscow University. Series 17. Soil Science*, 2017, vol. 3, pp. 39–46. In Rus.
 29. Yang Y., Li Y., Shen Zh., Yang Zh., Mo L., Kong Ya., Lou I. Occurrence and possible sources of organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) along the Chao River, China. *Chemosphere*, 2014, vol. 114, pp. 136–143.
 30. Hites R.A., Foran J.A., Carpenter D.O., Hamilton M.C., Knuth B.A., Schwager S.J. Global assessment of organic contaminants in farmed salmon. *Science*, 2004, vol. 303, Iss. 5655, pp. 226–229.
 31. Minh N.H., Minh T.B., Kajiwaru N., Kunisue T., Iwata H., Viet P.H. Contamination by polybrominated diphenyl ethers and persistent organochlorines in catfish and feed from Mekong River Delta, Vietnam. *Environmental toxicology and chemistry*, 2006, vol. 25.
 32. Rostov I.D., Rudykh N.I., Rostov V.I. Interannual dynamics of pollution level of the Peter the Great bay water areas for the last 40 years. *Vestnik Dalnevostochnogo otdeleniya Rossiiskoy akademii nauk*, 2015, vol. 6 (184), pp. 49–63. In Rus.
 33. Mamontova E.A., Tarasova E.N., Kuzmin M.I., Bulban A.P., Levshina S.I., Lepskaya E.V., Tregubov O.D., Yurchenko S.G., Mamontov A.A. Distribution of persistent organic pollutants in the soil-atmosphere system in Siberia and the Far East of Russia. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*, 2014, vol. 5, pp. 418–428. In Rus.
 34. *Executive summary of the report. Joint Task Force on the Health Aspects of Air Pollution of the World Health Organization/European Centre for Environment and Health and the Executive Body*. Available at: <https://digitallibrary.un.org/record/468102?ln=en> (accessed 1 July 2022).

Received: 14 December 2022.

Reviewed: 22 February 2023.

Information about the authors

Elena A. Mazlova, Dr. Sc., professor, I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University).

Yana Yu. Blinovskaya, Dr. Sc., professor, Far Eastern Federal University.

Larisa I. Sokolova, Cand. Sc., professor, Far Eastern Federal University.

Gulnara Sh. Tursunova, postgraduate student, I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University).