



Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации  
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»  
(ФГБУ «ДВНИГМИ»)

## Аналитический материал

*АМ.2024.07*

# **Химическое загрязнение морской среды отдельных акваторий залива Петра Великого в 2015–2023 гг.**

**Владивосток 2024**



---

## РЕФЕРАТ

В обзоре представлены данные по химическому загрязнению вод и донных отложений отдельных прибрежных акваторий залива Петра Великого за период 2015–2023 гг. Рассмотрены акватории вблизи Владивостока – бухта Золотой Рог, пролив Босфор Восточный, заливы Амурский и Уссурийский. Сделан анализ особенностей фенольного загрязнения морской среды залива.

**Авторы:**

Белан Т.А. (к.б.н., вед. н. с., ФГБУ «ДВНИГМИ»); Бадмаев О.В. (вед. инженер ФГБУ «ДВНИГМИ»); Кадун Е.А. (инженер 2 кат. ФГБУ «ДВНИГМИ»); Калюкина А.В. (инженер 2 кат ФГБУ «ДВНИГМИ»).

**Дата составления:** 15.12.2024 г.



---

## Оглавление

Введение .....	4
1. Основные источники загрязнения акваторий залива Петра Великого вблизи Владивостока .....	5
2. Результаты исследований химического загрязнения вод и донных отложений залива.....	6
3. Особенности фенольного загрязнения морской среды залива Петра Великого .....	15
3.1. Источники поступления фенолов в морскую среду .....	16
3.2. Процессы переноса и трансформации фенолов в морской среде .....	18
3.3. Результаты исследований загрязнения вод и донных отложений фенолами.....	19
Список используемых источников .....	25

## Введение

Своевременный анализ данных ежегодного мониторинга прибрежных акваторий дальневосточных морей должен обеспечивать репрезентативной информацией об изменениях основных характеристик морской среды и экосистем, а также о возможных тенденциях в их многолетней динамике. В данном обзоре анализируются следующие параметры – общее содержание нефтяных углеводородов (ОСНУ); концентрации отдельных токсичных металлов (МЕ) – свинца, меди и цинка; суммарное содержание фенолов и ДДТ в воде и донных отложениях залива Петра Великого.

Работы выполняются по Программе государственного мониторинга гидрохимического состояния и загрязнения морской среды в рамках соглашения между ФГБУ «ДВНИГМИ» и ФГБУ «Приморское УГМС». Химический анализ проб, полученных в ходе экспедиционных исследований, производился в Центре мониторинга загрязнения окружающей среды (ЦМС) ФГБУ «Приморское УГМС».

Цель исследования – оценка состояния морской среды залива в условиях высокой антропогенной нагрузки, определение возможных тенденций в изменении качества среды, а также выявление экологически напряженных районов за период 2015–2023 гг.

Межправительственная океанографическая комиссия (МОК) дает следующее определение загрязнения морской среды: «Загрязнение моря – это непосредственное или косвенное внесение человеком веществ или энергии в морскую среду, влекущее за собой такие неблагоприятные последствия, как нанесение ущерба биологическим ресурсам; опасность для здоровья людей, помехи для морских отраслей хозяйственной деятельности, включая рыболовство; снижение пригодности морской воды для использования и ухудшение эстетических достоинств морских ландшафтов» [1].

В настоящее время к основными источникам поступления загрязняющих веществ (ЗВ) в море относят:

1. Сбросы химической, фармацевтической, деревообрабатывающей, мебельной и целлюлозно-бумажной промышленности.
2. Хозяйственно-бытовые сточные воды и ливневой сток.
3. Загрязненный речной сток.
4. Морской транспорт и рыбодобывающий флот.
5. Добыча и транспортировка углеводородного сырья.
6. Аварийные разливы нефти и залповые выбросы токсичных соединений.
7. Атмосферный перенос.

Загрязняющие вещества, поступающие в морскую среду, группируются по степени возрастания опасности следующим образом [1–3]:

1. Пластиковый мусор, взвешенное вещество.
2. Биогенные элементы, органическое вещество.
3. Нефтяные углеводороды, токсичные металлы, хлорорганические соединения.

К первой группе относят вещества с механическим воздействием, поражающие органы дыхания, пищеварения и т.д. Вещества второй группы вызывают бурное развитие фитопланктона с последующим нарушением баланса водных систем, что приводит к заморным явлениям. В третью группу входят токсиканты с различными механизмами действия на организмы – от физических и физико-химических повреждений до канцерогенных и мутагенных эффектов.

## 1. Основные источники загрязнения акваторий залива Петра Великого вблизи Владивостока

Согласно данным Федерального агентства водных ресурсов, большая часть неочищенных сточных вод г. Владивостока сбрасывается в бухту Золотой Рог, северную периферию залива Уссурийский, а также в восточную часть Амурского залива [4]. Как известно, антропогенная нагрузка на бухту Золотой Рог и прилегающие акватории превосходит таковую для акваторий Амурского и Уссурийского заливов. На берегах бухты расположены многочисленные судостроительные и судоремонтные предприятия, стоянки судов торгового, рыболовного и военно-морского флота, морские вокзалы и грузовые терминалы. Ливневой сток приносит в акваторию чрезвычайно загрязненные воды с автомобильных и железнодорожных путей, а основной вклад в загрязнение вносит р. Объяснения, являющаяся приемником сточных вод ТЭЦ-2 и предприятия «Приморский водоканал» [4].

Значительная часть бытовых сточных вод сбрасывается в восточную часть Амурского залива. Один из важнейших источников поступления ЗВ – сток р. Раздольной. С водами р. Раздольной в Амурский залив поступают ЗВ с агропромышленного комплекса всех районов, расположенных в ее бассейне, а также со стоками промышленных и жилищно-коммунальных предприятий г. Уссурийска.

В Уссурийском заливе источниками поступления ЗВ являются коммунальные сбросы, речной сток, городской полигон твердых бытовых отходов. Сточные воды г. Артема поступают на север Уссурийского залива через реки Шкотовка и Артемовка. Коммунальные сбросы населенных пунктов восточного побережья залива – в бухту Суходол (со стоком рек Суходол, Петровка, Смолянинка), а также в бухты Андреева и Большой Камень. В последние годы увеличиваются объемы сбросов в прибрежные воды с ТОР «Большой Камень» и ССК «Звезда» [4].

Следует сказать и о нефтяном загрязнении прибрежной зоны моря, которое происходит за счет сброса балластных и льяльных вод с судов в связи с отсутствием береговых нефтеочистных сооружений или недостаточной их мощностью. Наиболее высокий уровень нефтяного загрязнения отмечается в бухте Золотой Рог и прилегающих акваториях – проливе Босфор Восточный, бухтах Диомид и Улисс.

## 2. Результаты исследований химического загрязнения вод и донных отложений залива

Для оценки загрязнения морской среды пробы воды и донных отложений отбирали на станциях государственной сети наблюдений (ГСН) два-три раза в год в период 1998–2023 гг. (рисунок 1). Пробы воды отбирали на двух или трех горизонтах в зависимости от глубины места. Для анализа многолетних данных использовали материалы базы данных, структурированной в Региональном центре океанологических данных по дальневосточному региону ФГБУ «ДВНИГМИ». В данной работе рассматривали три прибрежные акватории залива – заливы Амурский и Уссурийский, бухту Золотой Рог и пролив Босфор Восточный. Анализировали следующие показатели: общее содержание нефтяных углеводородов (ОСНУ); концентрации отдельных токсичных металлов (МЕ) – свинца, меди и цинка; суммарное содержание фенолов и ДДТ.

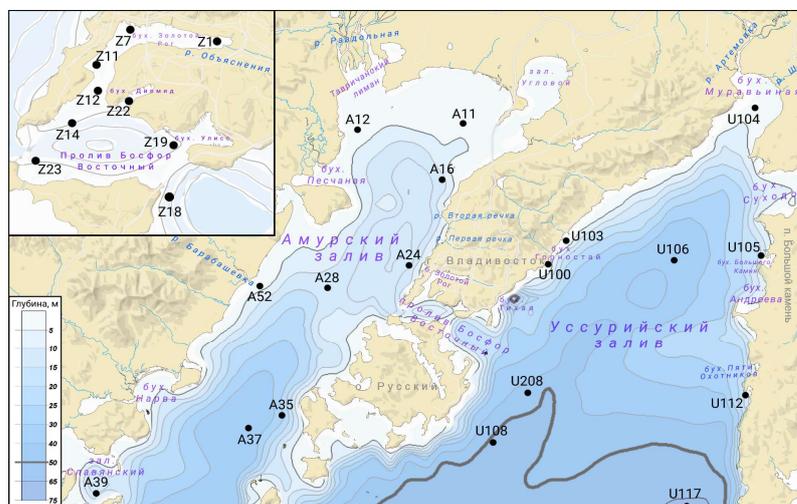


Рисунок 1 — Схема расположения станций ГСН на исследуемых акваториях

В таблицах 1 и 2 представлены средние значения рассматриваемых загрязняющих веществ (ЗВ) в морской воде за последние девять лет (2015–2023 гг.). Как следует из данных, приведенных в таблицах, на протяжении всего периода наблюдений наиболее загрязненными в отношении ОСНУ остаются бухта Золотой Рог и пролив Босфор Восточный, причем в бухте Золотой Рог среднегодовые величины ОСНУ в поверхностном слое ежегодно превышали ПДК. В проливе Босфор Восточный превышение ПДК для



нефтяных углеводородов в поверхностном горизонте регистрировалось только в 2016-2018 и в 2023 гг. В придонном горизонте обеих акваторий случае превышения ПДК регистрировались реже.

Фенольное загрязнение вод характерно для всех исследованных акваторий, но чаще всего превышение ПДК наблюдается на акваториях бухты Золотой Рог, пролива Босфор Восточный и Амурского залива. Здесь практически ежегодно в поверхностном горизонте отмечаются случаи превышения ПДК.

Воды Уссурийского залива относительно «чисты», однако в отдельные годы наблюдается превышение ПДК для ОСНУ и фенолов.

В таблице 3 представлены средние значения рассматриваемых ЗВ в донных отложениях исследованных акваторий за последние девять лет (2015–2023 гг.). Как следует из данных, приведенных в таблицах, на протяжении всего периода самыми загрязненными были осадки бухты Золотой Рог и пролива Босфор Восточный. В донных отложениях этих акваторий содержание почти всех анализируемых ЗВ значительно превышало минимальные пороговые концентрации [3, 5–7]. Причем в 2018 г. средняя концентрация пестицидов превышала пороговое значение в 78 раз.

В Амурском и Уссурийском заливах следует отметить ежегодное превышение содержания суммы ДДТ, концентрации остальных ЗВ остается на уровне фона.

На рисунках 2–5 показаны долговременные тенденции в изменении уровня содержания анализируемых ЗВ в донных отложениях.



Таблица 1 — Изменчивость средних концентраций некоторых ЗВ в поверхностном горизонте вод на акватории залива Петра Великого в 2015–2023 гг.

Параметр/Годы	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	ПДК
Бухта Золотой Рог (ст. Z1, 7, 11, 12)										
ОСНУ, мг/л	<b>0,1</b>	<b>0,18</b>	<b>0,20</b>	<b>0,11</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,09</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>
Фенолы, мкг/л	0,9	<b>1,1</b>	1,0	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>2,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,8</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>
Pb, мкг/л	0,3	0,4	0,6	1,6	0,0	0,2	0,2	1,4	1,4	<b>10,0</b>
Cu, мкг/л	2,3	2,3	1,8	1,6	0,8	2,6	1,3	2,7	2,8	<b>5,0</b>
Zn, мкг/л	19,6	10,4	28,7	13,9	3,6	13,7	4,9	46,5	37,0	<b>50,0</b>
Прол. Босфор Восточный (ст. Z14, 18, 23)										
ОСНУ, мг/л	0,04	<b>0,12</b>	<b>0,18</b>	<b>0,09</b>	0,04	0,02	0,03	0,02	<b>0,09</b>	<b>0,05</b>
Фенолы, мкг/л	0,7	0,8	0,8	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>2,4</b>	<b>1,2</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,0</b>
Pb, мкг/л	0,1	0,6	0,4	2,1	0,0	0,2	0,2	1,5	2,1	<b>10,0</b>
Cu, мкг/л	1,3	1,7	1,7	1,4	0,6	2,9	1,0	2,1	2,1	<b>5,0</b>
Zn, мкг/л	11,0	9,9	11,0	21,5	3,5	9,9	3,6	<b>51,1</b>	40,4	<b>50,0</b>
Амурский залив										
ОСНУ, мг/л	0,03	<b>0,14</b>	0,05	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>
Фенолы, мкг/л	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	<b>2,0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>
Pb, мкг/л	0,1	2,5	0,2	1,8	0,2	0,4	0,1	0,9	3,0	<b>10,0</b>
Cu, мкг/л	1,1	2,5	0,2	1,8	0,2	0,4	0,9	2,0	3,3	<b>5,0</b>
Zn, мкг/л	8,6	16,7	10,7	16,1	7,6	6,9	6,9	35,5	38,1	<b>50,0</b>
Уссурийский залив										
ОСНУ, мг/л	0,04	<b>0,12</b>	<b>0,22</b>	0,05	0,02	0,02	0,05	0,04	0,05	<b>0,05</b>
Фенолы, мкг/л	1,0	0,7	0,7	1,0	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>1,2</b>	<b>1,9</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>
Pb, мкг/л	0,1	0,5	0,4	0,5	0,2	0,1	0,2	1,7	2,3	<b>10,0</b>
Cu, мкг/л	0,9	1,3	1,1	0,8	0,5	1,1	1,0	1,7	2,8	<b>5,0</b>
Zn, мкг/л	11,5	8,7	14,0	7,2	10,4	8,7	6,2	19,6	41,2	<b>50,0</b>

Примечание — красным цветом выделены значения ЗВ, превышающие ПДК.



Таблица 2 — Изменчивость средних концентраций некоторых ЗВ в придонном горизонте вод на акватории залива Петра Великого в 2015–2023 гг.

Параметр/Годы	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	ПДК
Бухта Золотой Рог (ст. Z1, 7, 11, 12)										
ОСНУ, мг/л	0,03	<b>0,20</b>	<b>0,19</b>	<b>0,10</b>	0,04	0,04	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	0,04	<b>0,05</b>
Фенолы, мкг/л	0,9	0,7	0,9	<b>1,3</b>	<b>1,1</b>	<b>2,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,8</b>	<b>1,7</b>	<b>1,0</b>
Pb, мкг/л	0,3	0,6	0,2	2,1	0,0	0,2	0,2	1,4	1,8	<b>10,0</b>
Cu, мкг/л	1,4	1,8	1,9	1,9	0,6	1,7	1,1	2,3	3,3	<b>5,0</b>
Zn, мкг/л	24,4	8,8	11,5	11,8	3,6	10,6	4,2	48,1	40,1	<b>50,0</b>
Прол. Босфор Восточный (ст. Z14, 18, 23)										
ОСНУ, мг/л	0,03	<b>0,28</b>	<b>0,22</b>	<b>0,09</b>	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05	<b>0,05</b>
Фенолы, мкг/л	0,7	0,7	0,8	<b>2,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,0</b>
Pb, мкг/л	0,1	0,9	0,2	2,1	0,1	0,2	0,2	1,5	2,7	<b>10,0</b>
Cu, мкг/л	1,5	1,7	1,3	1,3	0,5	1,7	1,0	2,1	2,7	<b>5,0</b>
Zn, мкг/л	16,8	8,1	13,1	16,1	4,1	17,3	4,6	<b>51,1</b>	28,5	<b>50,0</b>
Амурский залив										
ОСНУ, мг/л	0,02	<b>0,10</b>	<b>0,07</b>	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	<b>0,05</b>
Фенолы, мкг/л	1,0	0,8	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>2,1</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>1,0</b>
Pb, мкг/л	0,2	2,3	0,2	1,4	0,2	0,4	0,1	0,8	1,8	<b>10,0</b>
Cu, мкг/л	0,9	1,1	1,1	1,2	<b>8,0</b>	1,3	0,8	1,6	3,0	<b>5,0</b>
Zn, мкг/л	13,6	15,2	10,2	23,3	9,7	9,8	7,4	31,7	47,2	<b>50,0</b>
Уссурийский залив										
ОСНУ, мг/л	0,03	<b>0,12</b>	<b>0,19</b>	<b>0,08</b>	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	<b>0,05</b>
Фенолы, мкг/л	0,9	<b>1,2</b>	0,7	0,9	<b>1,4</b>	<b>1,8</b>	<b>1,1</b>	<b>2,0</b>	<b>1,2</b>	<b>1,0</b>
Pb, мкг/л	0,1	0,7	0,3	0,5	0,1	0,1	0,1	1,0	2,7	<b>10,0</b>
Cu, мкг/л	0,8	1,7	0,8	0,8	0,4	1,0	0,8	2,0	2,7	<b>5,0</b>
Zn, мкг/л	10,9	14,1	11,0	10,2	8,6	6,9	5,2	18,9	44,8	<b>50,0</b>

Примечание — красным цветом выделены значения ЗВ, превышающие ПДК.



Таблица 3 — Средние концентрации некоторых ЗВ в донных отложениях на акватории зал. Петра Великого в 2015–2023 гг.

Параметр/Годы	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	<i>ERL</i>
Бухта Золотой Рог (ст. Z1, 7, 11, 12)										
ОСНУ, мг/г	<b>15,03</b>	<b>11,84</b>	<b>15,02</b>	<b>19,35</b>	<b>17,58</b>	<b>15,51</b>	<b>11,82</b>	<b>10,80</b>	<b>8,85</b>	<i>0,1–1,0</i>
Фенолы, мкг/г	6,14	5,2	4,8	3,0	5,9	7,3	7,1	2,9	4,1	—
ΣДДТ, нг/г	<b>34,9</b>	<b>52,3</b>	<b>51,8</b>	<b>123,5</b>	<b>107,4</b>	<b>44,7</b>	<b>21,8</b>	<b>32,5</b>	—	<i>1,58</i>
Cu, мкг/г	<b>164,8</b>	<b>102,1</b>	<b>169,5</b>	<b>225,9</b>	<b>103,1</b>	<b>152,4</b>	<b>124,4</b>	<b>130,5</b>	<b>131,8</b>	<i>18,7–34,0</i>
Pb, мкг/г	<b>228,0</b>	<b>100,6</b>	<b>195,1</b>	<b>238,0</b>	<b>116,6</b>	<b>169,2</b>	<b>149,1</b>	<b>147,9</b>	<b>100,3</b>	<i>30,2–46,7</i>
Zn, мкг/г	<b>438,9</b>	<b>326,4</b>	<b>438,1</b>	<b>539,2</b>	<b>564,8</b>	<b>399,4</b>	<b>312,9</b>	<b>303,9</b>	<b>301,5</b>	<i>124–150</i>
Прол. Босфор Восточный (ст. Z14, 18, 23)										
ОСНУ, мг/г	<b>3,09</b>	<b>2,09</b>	<b>2,79</b>	<b>3,50</b>	<b>2,13</b>	<b>1,17</b>	<b>1,11</b>	1,00	0,46	<i>0,1–1,0</i>
Фенолы, мкг/г	2,8	3,9	5,0	2,5	6,5	5,7	4,2	3,1	2,9	—
ΣДДТ, нг/г	<b>12,5</b>	<b>7,7</b>	<b>10,6</b>	<b>39,2</b>	<b>10,8</b>	<b>6,3</b>	<b>9,3</b>	<b>15,0</b>	—	<i>1,58</i>
Cu, мкг/г	<b>61,0</b>	29,5	<b>37,0</b>	<b>37,5</b>	<b>36,2</b>	<b>32,6</b>	<b>35,1</b>	33,6	<b>233,8</b>	<i>18,7–34,0</i>
Pb, мкг/г	<b>59,3</b>	42,3	<b>50,0</b>	<b>58,1</b>	<b>65,3</b>	41,3	<b>61,0</b>	<b>53,4</b>	<b>169,7</b>	<i>30,2–46,7</i>
Zn, мкг/г	127,7	107,3	133,3	148,5	148,4	106,8	86,5	100,2	<b>331,6</b>	<i>124–150</i>
Амурский залив										
ОСНУ, мг/г	0,18	0,24	0,20	0,28	0,21	0,21	0,21	0,19	0,20	<i>0,1–1,0</i>
Фенолы, мкг/г	1,8	2,0	5,1	2,5	7,6	4,7	5,3	4,6	5,3	—
ΣДДТ, нг/г	<b>2,6</b>	<b>2,8</b>	<b>11,0</b>	<b>6,6</b>	<b>4,1</b>	<b>3,2</b>	<b>4,3</b>	<b>2,5</b>	—	<i>1,58</i>
Cu, мкг/г	16,0	12,0	13,7	13,8	14,1	13,6	12,2	9,9	14,3	<i>18,7–34,0</i>
Pb, мкг/г	16,1	11,5	12,6	14,6	16,7	24,3	16,6	9,9	16,7	<i>30,2–46,7</i>
Zn, мкг/г	69,0	62,0	61,0	71,0	74,0	59,0	55,1	36,4	44,9	<i>124–150</i>
Уссурийский залив										
ОСНУ, мг/г	0,08	0,07	0,09	0,08	0,09	0,07	0,06	0,09	0,07	<i>0,1–1,0</i>
Фенолы, мкг/г	1,6	1,5	4,6	1,6	4,3	3,2	3,5	2,9	3,7	—
ΣДДТ, нг/г	<b>9,2</b>	<b>6,6</b>	<b>13,0</b>	<b>4,8</b>	<b>3,9</b>	<b>2,1</b>	<b>2,7</b>	<b>3,4</b>	—	<i>1,58</i>
Cu, мкг/г	11,0	9,4	12,5	7,9	7,5	7,5	2,7	13,6	15,1	<i>18,7–34,0</i>
Pb, мкг/г	11,8	11,2	12,0	11,6	12,3	11,3	18,0	9,5	14,3	<i>30,2–46,7</i>
Zn, мкг/г	38,0	38,0	18,0	34,0	31,0	31,0	47,1	36,6	41,9	<i>124–150</i>

Примечание — красным цветом выделены значения ЗВ, превышающие минимальные пороговые концентрации.

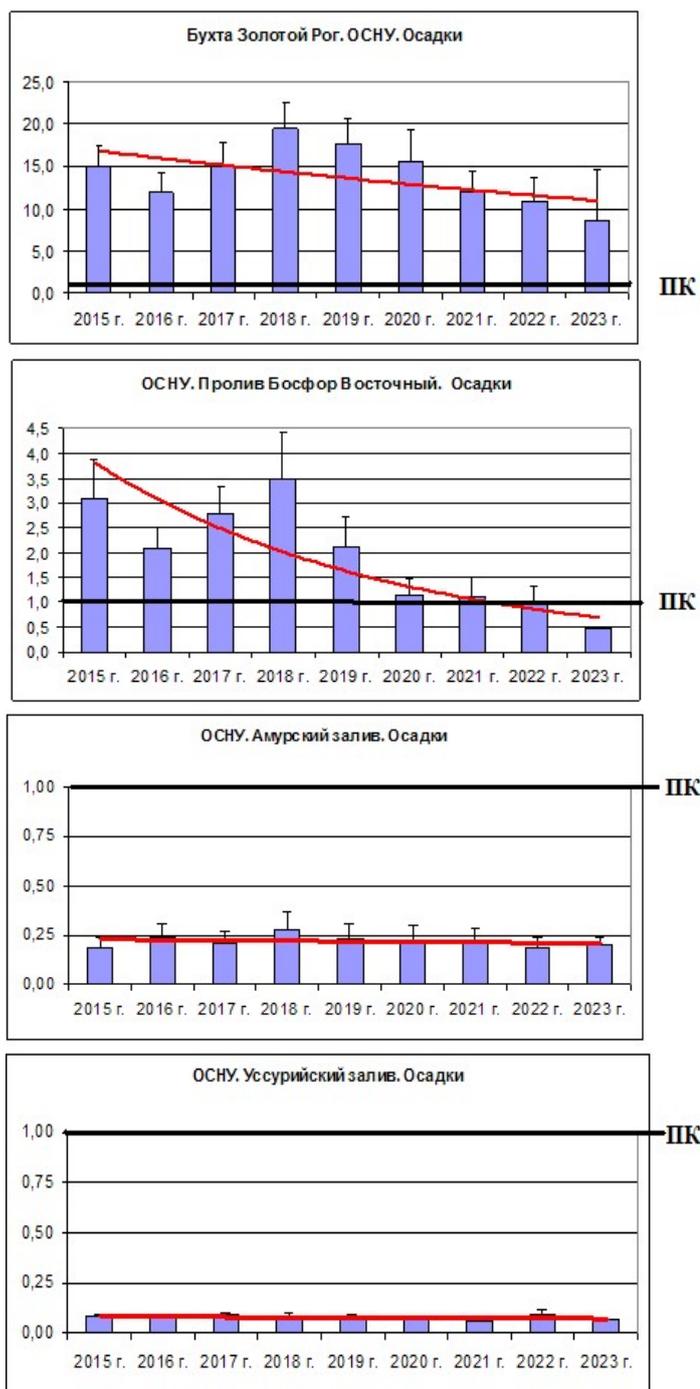


Рисунок 2 — Долговременные изменения ОСНУ (мг/г) в донных отложениях в 2015–2023 гг. ПК – пороговая концентрация. Планки погрешности – стандартная ошибка

Тенденции к снижению содержания показывает ОСНУ в проливе Босфор Восточный (рисунок 2) и сумма ДДТ в Уссурийском заливе (рисунок 4). Тогда как для фенолов наблюдается тенденция к возрастанию – в заливах Амурский и Уссурийский (рисунок 3). Для металлов каких-либо тенденций не отмечено. В качестве примера приведены долговременные изменения концентраций свинца (рисунок 5).

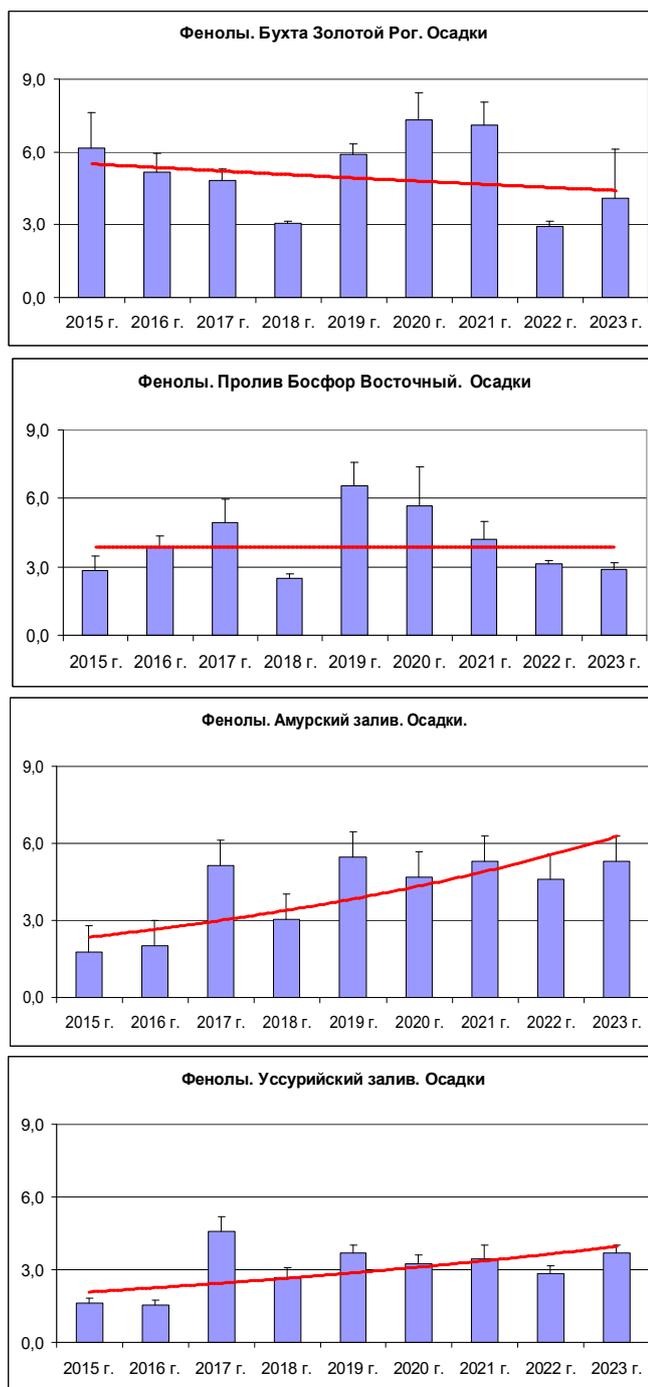


Рисунок 3 — Долговременные изменения концентрации фенолов (мкг/г) в донных отложениях в 2015–2023 гг. Планки погрешности – стандартная ошибка

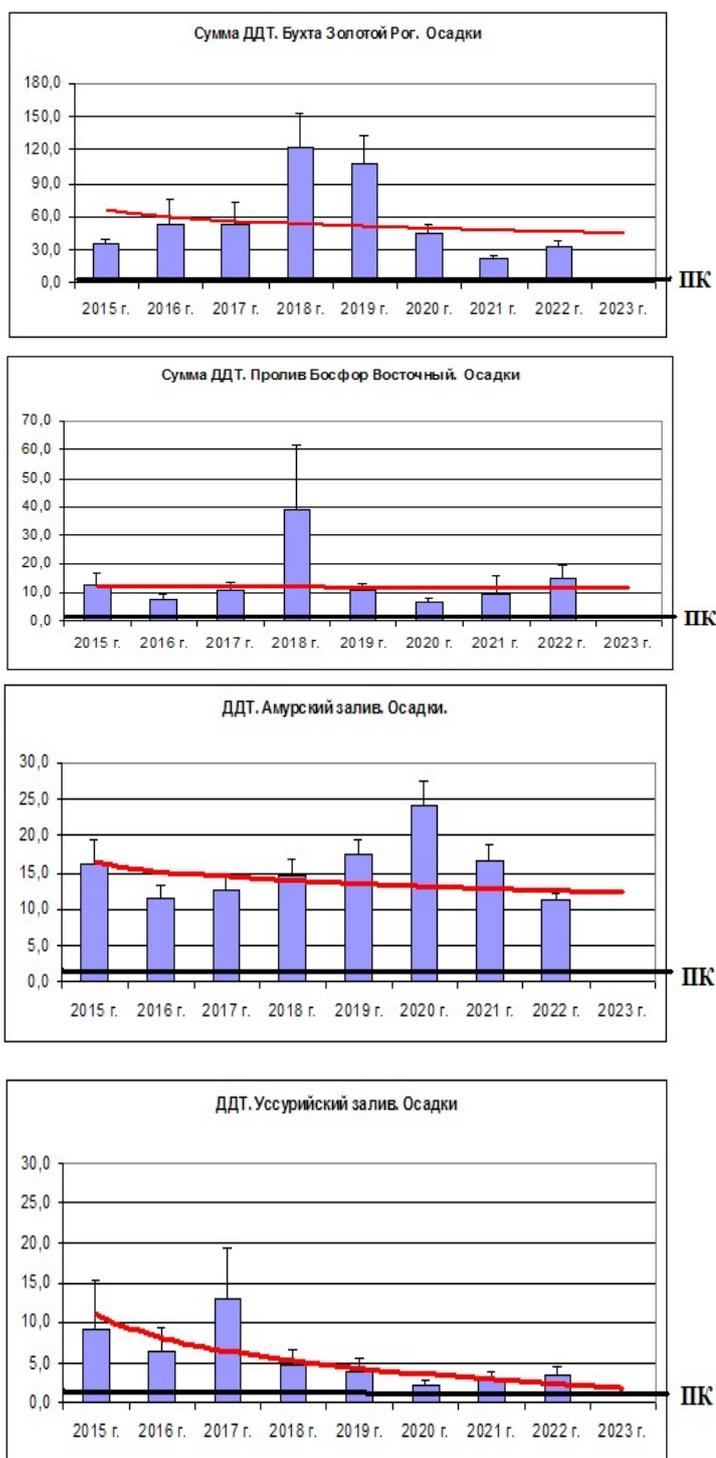


Рисунок 4 — Долговременные изменения суммарной концентрации ДДТ (нг/г) в донных отложениях в 2015–2023 гг. ПК – пороговая концентрация. Планки погрешности – стандартная ошибка

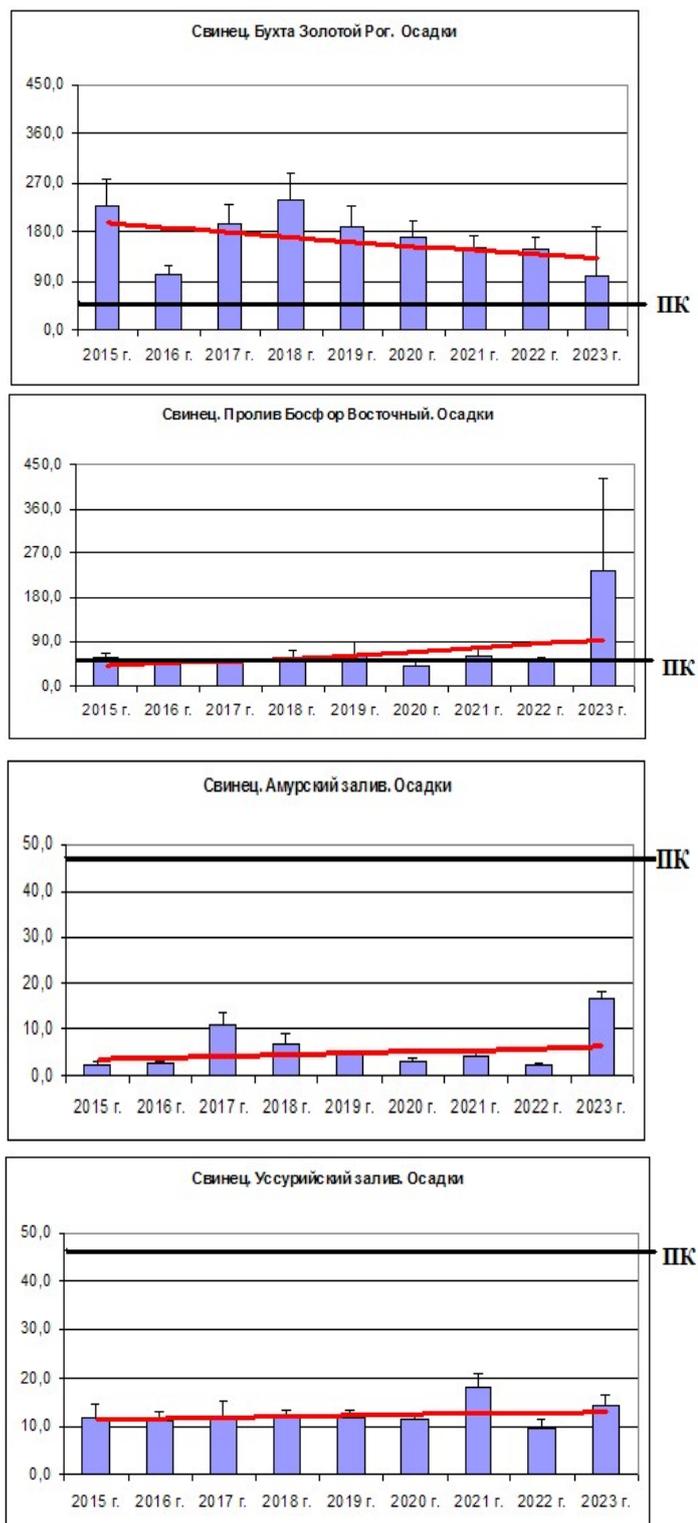


Рисунок 5 — Долговременные изменения концентрации свинца (мкг/г) в донных отложениях в 2015-2023 гг. ПК – пороговая концентрация. Планки погрешности – стандартная ошибка

Выполненный анализ позволяет сделать следующие выводы.

На протяжении всего периода наблюдений наиболее загрязненными в отношении ОСНУ и фенолами были воды бухты Золотой Рог и пролива Босфор Восточный.

Воды Уссурийского залива относительно «чисты», однако в отдельные годы наблюдалось превышение ПДК для ОСНУ и фенолов. Однако в 2019–2023 гг. отмечалось

интенсивное загрязнение вод Уссурийского залива пластиком, мусором, нефтепродуктами. Помимо деятельности ССК «Звезда» и активного судоходства, загрязнение залива может быть обусловлено результатом возросшей антропогенной нагрузки туристической отрасли.

Самое высокое загрязнение донных осадков регистрировали в бухте Золотой Рог и проливе Босфор Восточный. В донных отложениях этих акваторий содержание почти всех анализируемых ЗВ значительно превышали пороговые концентрации. Для пестицидов это превышение в 2018 г. составляло 78 раз. В Амурском и Уссурийском заливах следует отметить ежегодное превышение содержания суммы ДДТ, концентрации остальных ЗВ оставались на уровне фона.

Тенденцию к снижению показывает ОСНУ в донных отложениях на акватории пролива Босфор Восточный и значение суммы ДДТ в Уссурийском заливе. Тогда как для содержания фенолов в осадках наблюдается тенденция к возрастанию – в заливах Амурский и Уссурийский. Для металлов, каких-либо тенденций не отмечено.

Ниже рассматривается особенность фенольного загрязнения отдельных акваторий залива Петра Великого.

### 3. Особенности фенольного загрязнения морской среды залива Петра Великого

Среди тысяч загрязняющих веществ в морской среде фенолы занимают особое место в связи с их высокой токсичностью и масштабностью распространения. Фенолы – большая группа химических веществ, а число известных соединений очень велико и составляет около 2 тыс. [8]. Мировое производство фенолов для промышленных нужд составляет более 2 млн. тонн в год и занимает одно из первых мест среди синтетических ароматических соединений [9]. Производные фенола широко используются практически во всех сферах деятельности человека, а масштабы их использования невозможно переоценить.

Фенольные соединения крайне неблагоприятно влияют на процессы внутри водоёмов: включаются в пищевые цепи, прямо или косвенно влияют на рост и развитие водных организмов, а также человека [10]. Ущерб биоте от воздействия фенолов сопоставим с воздействием нефтяных углеводородов, металлов, детергентов [11, 12]. Таким образом, токсичность этих соединений и широкое распространение в биосфере обуславливает необходимость постоянного наблюдения за их содержанием в морской среде.

Цель данного исследования – оценить уровень загрязнения фенолами вод и донных отложений отдельных акваторий – заливов Амурский, Уссурийский, бухты Золотой Рог,

пролива Босфор Восточный, выявить возможные пути поступления фенольных соединений в морскую среду залива, а также рассмотреть многолетнюю изменчивость их содержания.

### 3.1. Источники поступления фенолов в морскую среду

Поступление фенолов и их производных в морскую среду может быть обусловлено как антропогенными, так и природными процессами. В качестве антропогенных источников в первую очередь следует обозначить:

1. *Сбросы химической, фармацевтической, деревообрабатывающей, мебельной и целлюлозно-бумажной промышленности.* Фенольные соединения содержатся в сточных водах предприятий по производству пластмасс, резины, лаков, красок, клеев, пластификаторов, антисептиков, фенолформальдегидных смол, лекарств, средств бытовой химии и ядохимикатов, где они используются в качестве основных или промежуточных продуктов. Стоки таких производств являются основным антропогенным источником загрязнения биосферы фенолом, концентрация которого может достигать сотен мг/дм<sup>3</sup> [9, 13].

2. *Хозяйственно-бытовые сточные воды и ливневой сток.* Благодаря широкому спектру и масштабности применения фенольных соединений в быту сточные воды содержат огромное количество этих соединений. Высокотоксичные хлорфенолы образуются при обеззараживании питьевой воды хлором, в результате дезинфекции пищевых предприятий, медицинских учреждений, транспорта, а также при использовании хлорсодержащих чистящих и отбеливающих средств на предприятиях и в быту [14]. Широко используемые антисептики, например, триклозан (5-хлоро-2-(2,4-дихлорфенокси) фенол), входит в состав мыла, дезодорантов, зубных паст. Креозот, представляющий собой смесь метилфенолов, используется в качестве консерванта древесины для обработки шпал на железнодорожных путях и деревянных опор [9]. С ливневым стоком в морскую среду поступают токсичные соединения, в том числе и фенольные, смытые с заповедно грязных городских территорий.

3. *Стоки сельскохозяйственных угодий и животноводческих ферм.* В сельском хозяйстве широко используют пестициды: гербициды, инсектициды и фунгициды, содержащие в качестве действующего начала фенольные соединения. Так, на основе хлорфенолов применяются гербициды 2,4-Д, 2,4,5-Т, пентахлорфенол [13]; инсектицид трихлорметафос-3 [15]; на основе нитрофенолов – пестициды ДНФ (2,4-динитрофенол), ДНОК (2-метил-4,6-динитрофенол) и др., а также метилфенолов – метоксона, ландрина [9].

Особое место занимает гербицид 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота и ее производные), который является одним из старейших и наиболее широко доступных

гербицидов и дефолиантов в мире. После применения гербицид легко переносится в подземные воды из-за его высокой растворимости. В водной среде 2,4-Д при воздействии ультрафиолета разлагается с образованием токсичного 2,4-дихлорфенола [13].

Инсектицид трихлорметафос-3 широко используется для борьбы с насекомыми крупного рогатого скота, в организме которых образуются его метаболиты – моно-, ди-, трихлорфенолы. Главным метаболитом является 2,4,5-трихлорфенол, который токсичнее исходного соединения в 2-3 раза. Кроме того, образуются 2,4-дихлорфенол и ортохлорфенол [15–16].

Следует упомянуть и еще один инсектицид, продуктами распада которого являются фенолы – линдан или  $\gamma$ -изомер гексахлорциклогексана ( $\gamma$ -ГХЦГ). Так, метаболизм линдана в культурах плесневых грибов и организмах теплокровных животных и человека происходит с образованием 2,4,6-трихлорфенола и 2,3,4,6-тетрахлорфенола [17–18]. Линдан использовался в качестве основных средств для борьбы с гусеницами, почвообитающими насекомыми, широко использовался для фумигации складских помещений, а также для обработки многих натуральных материалов: древесины, мехов, натуральной шерсти с целью защиты от порчи насекомыми. На постсоветском пространстве линдан используется как лекарственный препарат для борьбы с чесоткой, педикулезом. ГХЦГ способен длительно сохраняться в почве, где его находили и через 22 года после применения [19].

Таким образом, широкое использование в сельском хозяйстве пестицидов, промежуточными продуктами разложения которых являются фенолы, обуславливает значительное поступление этих токсикантов в водные экосистемы в результате вымывания их из почвы.

*4. Производственные процессы судоремонтных и судостроительных компаний.* В процессе строительства и ремонта образуется огромный объем отходов и загрязняющих веществ, основная часть которых представлена летучими органическими веществами (52%), в том числе фенолами. Для подготовки и отделки поверхности корпуса судна используется большое количество химических веществ – моющих средств, смазочных материалов и растворителей, растворов для металлических покрытий, красок, полимеризованных смол, содержащих фенольные соединения [20].

*5. Химическое окисление и фотолит нефтепродуктов.* К промежуточным продуктам окисления нефтяных углеводородов относятся и фенолы, обычно имеющие повышенную растворимость в воде и повышенную токсичность [3]. Разливы сырой нефти и сбросы нефтепродуктов – моторного топлива, смазочных масел и т.д., в которых дополнительно в качестве присадок используются соединения фенолов, являются одной из причин

появления фенольных соединений в морских водах. В Невской губе Балтийского моря превышение содержания фенолов в воде (до 47 ПДК) относят за счет трансформации нефтяных углеводородов, попадающих в воду [21].

*Природные источники.* В водной среде фенолы образуются в результате биохимической деструкции и трансформации органических веществ воды и донных отложений (гумуса, лигнина и фульвовых кислот), а также в процессе метаболизма водных организмов. Содержание фенолов в незагрязненных поверхностных водах не превышает 0,3 мкг/л [9, 13, 22].

Отдельные хлорфенолы (ди- и трихлорфенолы) продуцируют некоторые виды почвенных грибов, лишайников, насекомых. 2,4,6-трихлорфенол считается самым распространенным хлорфенолом природного происхождения, который обнаружен в незагрязненных озерных и речных водах Швеции и Финляндии [14]. Огромное количество природных фенолов присутствует в таежных и тундровых реках РФ, а наибольшее содержание характерно для болотных вод. Обогащение природных вод фенолами происходит благодаря разложению торфа и гниению топляка [23].

Фенольные соединения находят как в клетках, так и среде обитания морских и пресноводных водорослей: так бурые водоросли выделяют их до 1 г на квадратный метр. Общее число растительных фенольных соединений приближается к трем тысячам [23, 24].

### *3.2. Процессы переноса и трансформации фенолов в морской среде*

Поступая в морскую среду, фенольные соединения, например, хлорфенолы, могут активно сорбироваться из воды взвесью и накапливаться в донных отложениях до значительных концентраций. Фенолы – соединения нестойкие и подвергаются биохимическому и химическому окислению, зависящему от температуры воды (с ростом температуры скорость распада всех фенолов увеличивается), величины рН, содержания кислорода, УФ-излучения и ряда других факторов [10, 22]. Концентрации фенолов в речных водах подвержены заметным сезонным изменениям - содержание их в воде летом падает и увеличивается при понижении температуры [22].

Скорость деструкции для различных фенольных соединений в воде неодинакова и зависит как от химического строения, так и от внешних условий. Так, простые фенолы под действием солнечного света, кислорода воздуха и микроорганизмов полностью распадаются за 7 дней [25]. В то же время полихлорфенолы более устойчивы по сравнению с нехлорированными аналогами. В воде в аэробных условиях период полураспада пентахлорфенола оценивается в 72–80 дней [10].

В донных отложениях устойчивость полихлорфенолов еще выше, т.к. их деградация существенно ускоряется при действии УФ-излучения, которое поглощается водной толщей. Поскольку хлорпроизводные фенола являются слабыми кислотами, степень сорбции зависит от величины рН, уменьшаясь в щелочной среде, а также от количества органического вещества в составе отложений [13]. Большое влияние на содержание фенолов в донных отложениях оказывает тип осадков (ил, песок). В случае илов проявляется так называемый «иловый эффект», когда фенолы распадаются в результате преобладания биохимических процессов окисления фенолов над физико-химическими процессами – окислением растворенным кислородом, адсорбцией донными отложениями [22]. Кроме того, в морской среде могут происходить процессы, обратные разложению фенольных соединений. Так, нитрофенолы могут образовываться в водной среде при взаимодействии обычного фенола с нитрит-ионами в присутствии УФ-излучения [9, 13].

Следует отметить, что водные растения активно поглощают фенолы. Одно растение камыша озерного (*Scirpus lacustris*) при биомассе 100 г способно извлечь из воды 4 мг монофенола. Также известна способность *Scirpus lacustris* к поглощению производных фенола: крезола, ксиленола, пирокатехина, резорцина, гидрохинона, пирогаллола, пиридина и др. Список видов, способных извлекать из воды фенольные соединения, постоянно расширяется [8].

### 3.3. Результаты исследований загрязнения вод и донных отложений фенолами

Для оценки загрязнения морской среды отдельных акваторий залива пробы воды и донных отложений отбирали на станциях государственной сети наблюдений (ГСН) два-три раза в год в период 1998–2023 гг. (рисунок 1). Пробы воды отбирали на двух или трех горизонтах в зависимости от глубины места. Суммарное содержание фенолов в воде и донных отложениях анализировали в ЦМС ФГБУ «Приморское УГМС» по стандартным методикам, принятым в системе Росгидромета РФ. Для анализа многолетних данных использованы материалы базы данных, структурированной в Региональном центре океанологических данных по дальневосточному региону ФГБУ «ДВНИГМИ».

Станции ГСН расположены в относительно изолированных заливах Амурский, Уссурийский, бухте Золотой Рог и в проливе Босфор Восточный, соединяющем эти акватории. Так как источники поступления фенолов в указанных акваториях могут быть разными, то загрязнение морской среды в дальнейшем рассматривается по отдельности в каждой акватории.

Пространственное распределение среднесуточных концентраций фенолов в водной толще исследованных акваторий показывает, что наибольшие их значения

наблюдаются в прибрежных станциях и областях, локализованных в районах интенсивной хозяйственной деятельности (рисунок 6).

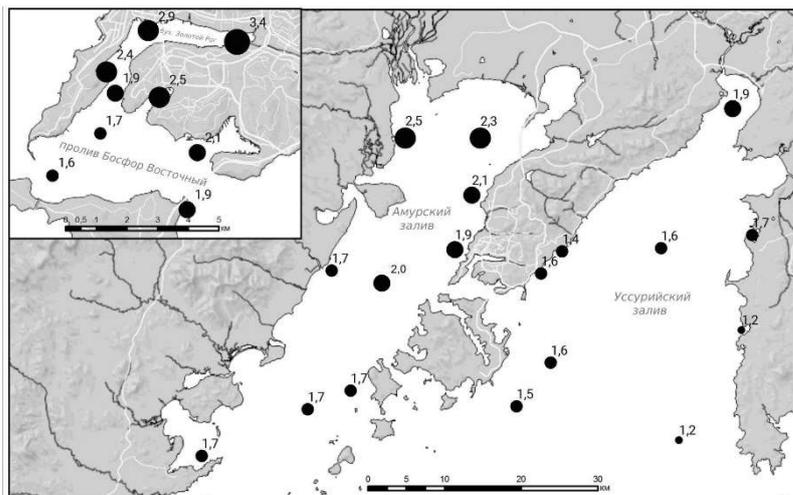


Рисунок 6 — Распределение среднемноголетнего содержания фенолов в водной толще (мкг/л)

Рассмотрим случаи максимальных уровней концентраций фенолов и их локализацию. В течение исследуемого периода (1998–2023 гг.) в бухте Золотой Рог наиболее часто максимумы содержания фенолов в воде отмечали в кутовой его части (ст. Z1) в зоне влияния р. Обьяснения (12 случаев). Концентрации в период максимумов варьировали от 1,6 в апреле 2013 г. и августе 2021 г. до 28,0 мкг/л в июне 1998 г.

В Амурском заливе в этот же период (1998–2023 гг.) случаи максимальных концентраций чаще наблюдали в приустьевом участке р. Раздольной (ст. A12 – восемь случаев). Причем эти максимумы были отмечены в разные месяцы. Содержание фенолов в периоды максимумов на ст. A12 (2000, 2002, 2006–2007, 2013, 2019–2020, 2022 гг.) варьировали от 1,6 мкг/л в сентябре 2019 г. до 18,0 мкг/л в августе 2002 г.

На другой станции приустьевого участка ст. A11 отмечены четыре случая максимальной концентрации фенолов (2001, 2005, 2010, 2017 гг.), а пределы изменений содержания составили 1,7–6,0 мкг/л.

В восточной части Амурского залива на ст. A16 пики регистрировали реже – в пяти случаях (1998–1999, 2012, 2014, 2018 гг.), при этом абсолютный максимум содержания был отмечен именно на этой станции (44,0 мкг/л) в июне 1998 г., а пределы изменения составляли 3,2–44,0 мкг/л. Следует отметить, что на этой станции часто регистрировались концентрации, близкие к максимальным.

Принимая во внимание наибольшее число случаев максимального содержания фенолов в приустьевом участке залива (ст. A12 – восемь случаев; ст. A11 – четыре), можно сделать вывод о преобладающем влиянии стока р. Раздольной на содержание фенолов в водах Амурского залива. Однако также весьма значительную долю фенолов поставляют

сбросы сточных вод восточной части залива (ст. А16, А24), где пики концентраций фиксируются реже, но значения содержания фенолов иногда превышают аналогичные величины в кутовой части залива.

В Уссурийском заливе максимальные концентрации фенолов в воде чаще наблюдались в приустьевой зоне рек Артемовка и Шкотовка (ст. U104). Эти максимумы (девять случаев) также были отмечены в разные месяцы. Содержание фенолов в периоды максимумов на ст. U104 (1998, 2006, 2009, 2012, 2015–2016, 2018, 2020, 2023 гг.) изменялось от 2,0 мкг/л в сентябре 2009 г. до 17,0 мкг/л в апреле 1998 г.

До 2008 г. пики концентраций (четыре случая) и один в 2023 г. фиксировали и на ст. U100 в районе бухты Тихой, где осуществлялся сброс неочищенных сточных вод от жилого массива. Так, содержание фенолов в воде в апреле 2004 г. здесь составляло 9,5 мкг/л. Четыре случая максимальных концентраций зарегистрировано на ст. U108, где наиболее высокое содержание фенолов составляло 10,0 мкг/л в апреле 2001 г.

В последние годы в Уссурийском заливе отмечается заметное ухудшение экологической ситуации. Так, визуальные наблюдения на его побережье (бухта Лазурная) в августе 2019–2023 гг. свидетельствовали об очень сильном загрязнении пляжей пластиком, мусором и строительным материалом, которые предположительно поступают в результате переноса с восточного побережья этой акватории, а именно с ССК «Звезда», а также и морских судов. В первой декаде августа 2022 г. несколько дней подряд отмечали загрязнение поверхности нефтепродуктами. Здесь же отмечено массовое развитие макрофитов, что может быть результатом органического загрязнения вод вследствие возросшей антропогенной нагрузки туристической отрасли.

В течение исследуемого периода наиболее высокое содержание фенолов в донных отложениях отмечали в бухте Золотой Рог, а минимальное – в Уссурийском заливе (рисунок 7).

Рассматривая межгодовую динамику распределения фенолов в отложениях исследуемых акваторий, можно отметить, что в 1998–2023 гг. в Амурском заливе область максимальных концентраций фенолов чаще всего располагалась в приустьевой области р. Раздольной (ст. А12 и А11). Так, в 12 случаях наблюдались самые высокие и близкие к ним значения содержания фенолов. При этом максимальные концентрации изменялись от 2,8 до 21,5 мкг/г, а большинство значений превышало 5,0 мкг/г.

В восточной части залива (ст. А16, А24) наивысшие концентрации фенолов и близкие к ним наблюдали в 12 случаях. На этом участке самые высокие значения варьировали от 1,5 до 12,2 мкг/г, в пяти случаях превышая 5,0 мкг/г.

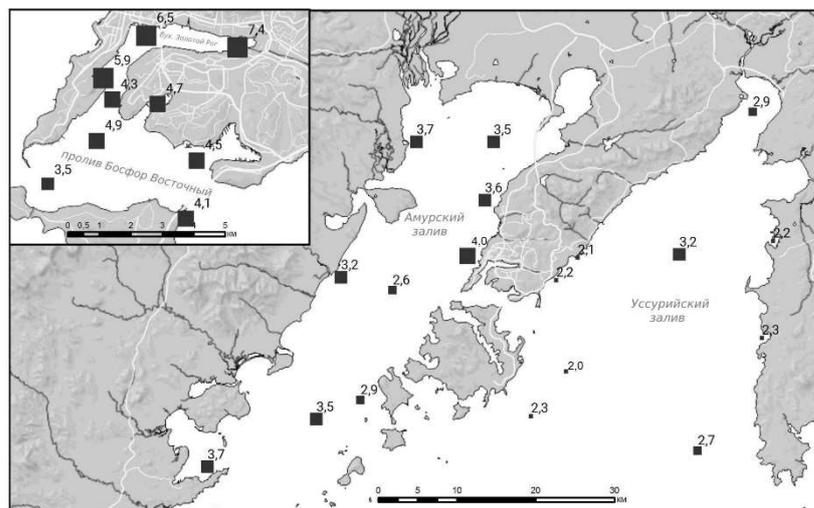


Рисунок 7 — Распределение среднемноголетнего содержания фенолов (мкг/г) в донных отложениях

В акватории бухты Золотой Рог и прилегающих морских участках наиболее часто пики фиксировали в бухте Золотой Рог на ст. Z1, где максимальные концентрации превышали 10,0 мкг/г.

В Уссурийском заливе пики значений чаще всего отмечали в приустьевой части зоне рек Артемовка и Шкотовка (ст. U104). Так, в период 1998–2023 гг. на этой станции было отмечено шесть случаев максимальных и три – близких к максимальным значений. Диапазон изменений составлял 1,0 мкг/г (апрель 2013 г.) – 10,1 мкг/г (август 2021 г.).

Пять случаев максимальных концентраций и три близких к ним фиксировали на ст. U106 (1,8–12,7 мкг/г). Три пика наблюдали на ст. U100 (1,8–6,6 мкг/г).

В Главе 1 рассмотрены основные источники загрязнения исследованных акваторий, из которой следует, что большая часть неочищенных сточных вод г. Владивостока сбрасывается в бухту Золотой Рог, северную периферию залива Уссурийский, а также в восточную часть Амурского залива.

Рассмотрим возможные источники поступления фенолов в морскую среду отдельных акваторий. В Амурском заливе, как отмечали выше, области повышенных концентраций фенолов в воде и донных осадках отмечаются в восточной, южной частях, а также в приустьевом участке р. Раздольной (рисунки 6, 7).

Станции A16 и A24, расположенные в восточной части залива, находятся в районах сброса бытовых сточных вод г. Владивостока. Особого внимания заслуживают предприятия, находящиеся в бассейне р. Первая Речка по ул. Снеговой — «Дальхимпром», завод ЖБИ, предприятия стройиндустрии, авторемонтные мастерские и стоянки, небольшие заводы, железнодорожное депо, склады. Одним из крупных возможных источников поступления фенолов являются Владивостокская нефтебаза, а также бытовые стоки в районах Моргородка и Второй Речки. Кроме того, вдоль восточного берега залива

расположены зоны отдыха, гостиничные комплексы, городские пляжи и многочисленные пункты общественного питания (Спортивная Гавань), вносящие свой вклад в загрязнение вод залива.

Один из важнейших источников поступления фенолов – сток р. Раздольной. Установлено, что годовые потоки биогенных элементов и растворенного органического вещества, поставляемых р. Раздольной, составляют примерно 2/3 от общего потока в залив [26]. Со стоком этой реки в Амурский залив поступает терригенный материал и ядохимикаты, содержащиеся в почвах сельскохозяйственных угодий, животноводческих ферм, садоводческих товариществ. Поскольку продуктами распада многих пестицидов являются многочисленные фенольные соединения, можно предположить, что р. Раздольная является одним из основных поставщиков фенольных соединений в Амурский залив.

На выходе из Амурского залива периодически отмечаются участки дна с высокими значениями содержания фенолов. Так на ст. А37 еще в 1996–1988 гг. отмечали высокие концентрации пестицидов ГХЦГ и ДДТ в донных отложениях. Исследования показали, что соотношение изомеров ГХЦГ и метаболитов ДДТ в грунтах может быть свидетельством сброса пестицидов с судов во время рейдовых стоянок с целью дезинсекции помещений [27]. В 2000 г. в Амурском заливе область максимальных концентраций пестицидов также находилась в южной части акватории (ст. А37) [28]. Как было указано выше, продуктами распада линдана ( $\gamma$ -изомер ГХЦГ) являются трихлор- и тетрахлорфенолы [17, 18]. Кроме того, во время рейдовых стоянок на судах осуществляется мелкий ремонт, связанный с очисткой корпуса и палубы от старого покрытия и нанесением грунтовки и свежей краски, в состав которых входят многочисленные соединения на основе фенолов.

Еще один участок с высокими концентрациями фенолов расположен на акватории залива Славянский (ст. А39), который испытывает значительное влияние расположенного здесь судоремонтного завода, стоки с территории которого, вероятно обуславливают фенольное загрязнение донных отложений.

В Уссурийском заливе в пространственном распределении фенолов отмечаются участки с самыми высокими значениями – в приустьевом участке рек Артемовка и Шкотовка, вблизи поселка Большой Камень, где базируется судостроительный комплекс «Звезда», а также участок в центре залива на ст. 106 и в бухте Тихой. По-видимому, стоки рек Артемовка и Шкотовка, а также ССК «Звезда», являются главными источниками фенольного загрязнения морской среды Уссурийского залива. Менее значимыми являются сточные воды бухты Тихой и эксплуатация морских судов, загрязняющих центральную часть залива.

Наиболее сильно антропогенное воздействие проявляется в бухте Золотой Рог и в проливе Босфор Восточный. Нагрузка на эти акватории обусловлена огромным количеством источников поступления загрязняющих веществ. Здесь расположены судостроительные и судоремонтные предприятия, стоянки судов торгового, рыболовного и военно-морского флота, морские вокзалы и грузовые терминалы. Ливневой сток приносит в акваторию чрезвычайно загрязненные воды с автомобильных и железнодорожных путей, охватывающих бухту, а основной вклад в загрязнение вносит р. Обьяснения, являющаяся приемником сточных вод ТЭЦ-2 и предприятия «Приморский водоканал» [4].

Таким образом, выполненное исследование показало, что выявление закономерностей пространственно-временного распределения фенолов в морской среде представляет значительную сложность. Сложность определяется, во-первых, широким спектром этих соединений, различающихся по своим химическим и физическим свойствам; во-вторых, множественностью источников поступления, в третьих, разнонаправленностью процессов, определяющих дальнейшую «судьбу» фенольных соединений в морской среде. Концентрации фенолов в воде и осадках постоянно меняются при воздействии множества физико-химических и биологических процессов, результатом которых является разложение одних и появление других, новых фенольных соединений. Также сложно разделить степень влияния источников фенольного загрязнения, учитывая их количество и отсутствие достоверных сведений об объемах сбросов.

В морской среде одновременно происходят процессы поступления, переноса, деструкции, трансформации, осаждения и биоаккумуляции фенолов. В связи с этим их концентрации постоянно меняются при воздействии различных физико-химических и биологических факторов. Данные факты свидетельствуют об исключительной сложности всего комплекса взаимосвязей условий среды, химико-биологических процессов и динамики содержания фенольных соединений в морской среде, что значительно усложняет поиск закономерностей их пространственно-временного распределения. Также сложно разделить степень влияния источников фенольного загрязнения, учитывая их количество и отсутствие достоверных сведений об объемах сбросов. Однако уже сейчас можно сделать некоторые выводы:

1. В период 1998–2023 гг. наиболее загрязненными фенолами были воды и донные отложения бухты Золотой Рог.
2. Пространственное распределение среднесуточных концентраций фенолов в воде и осадках показывает, что наибольшие их значения наблюдаются в прибрежных станциях и областях, локализованных в районах интенсивной хозяйственной деятельности.

Таким образом, поступление фенолов в морскую среду залива Петра Великого обусловлено исключительно антропогенными процессами.

3. Основными источниками фенольного загрязнения являются: р. Раздольная в Амурском заливе, реки Шкотовка и Артемовка в Уссурийском заливе и р. Объяснения в бухте Золотой Рог. Именно в приустьевых участках этих акваторий чаще всего в период 1998–2023 гг. наблюдались пики концентраций фенолов в воде и осадках.

4. Одними из существенных источников значения могут быть городские сточные воды, сбрасываемые в восточной части Амурского залива, судостроительные и судоремонтные заводы в заливе Славянский, в бухтах Большой Камень и Золотой Рог, а также эксплуатация морских судов.

5. Несмотря на тенденцию к снижению содержания фенолов в воде для всех акваторий в 2019–2023 гг. отмечалось увеличение содержания фенолов в донных отложениях, что может быть следствием деятельности ССК «Звезда», активного судоходства и результатом возросшей антропогенной нагрузки туристической отрасли.

### Список используемых источников

1. GESAMP: The state of marine environmental. UNEP Regional Seas Reports and Studies. 1990. — No. 115. — 111 p.

2. Тищенко П.П., Звалинский В.И., Михайлик Т.А., Тищенко П.Я. Гипоксия залива Петра Великого // Известия ТИНРО. — 2021. — Т. 201. — Вып. 3. — С. 600-639. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-600-639.

3. Патин С.А. Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа. — М.: ВНИРО, 1997. — 349 с.

4. Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям (Японское море) за 2021 год. — Владивосток: ПУГМС, 2022. — 215 с.

5. Long E.R., Macdonald D.D., Smith S.L., Calder F.D. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments // Environment Management. — 1995. — Vol. 19. — P. 81–97.

6. Boyd J., Baumann J., Hutton K., Bertold S., Moore B. Sediment Quality in Burrard Inlet Using Various Chemical and Biological Benchmarks // Burrard Inlet Environmental Action Program. — Burnaby, B.C., 1998. — 37 p.

7. Обзорная информация. Нефтяные углеводороды в морских донных отложениях: химические и биологические аспекты / Под. Ред. И.А. Шлыгина. — Обнинск, 1986. — 46 с.

8. Кислицина М.Н. Влияние экзогенных фенольных соединений на структурно-функциональные характеристики высших водных растений. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. Уральский федеральный ун-т. Екатеринбург, 2017. 168 с.
9. Груздев И.В. Многофункциональная дериватизация для газохроматографического определения следов замещенных фенолов и анелинов в водных средах. Дисс. на соиск. уч. степ. доктора хим. наук. ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2016. 456 с.
10. Янин Е.П. Органические вещества техногенного происхождения в водах городских рек // Экологическая экспертиза. — 2004. — № 4. — С. 42–67.
11. Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. Владивосток: ТИПРО-центр, 2001. — 194 с.
12. Недоросткова И.Г. Фенолы в водах залива Петра Великого и их биологическое действие. Дисс. канд. биол. наук. — Владивосток, 2001. — ДВГУ, 125 с.
13. Андреев Ю.А. Идентификация и определение полихлорфенолов в воде газохроматографическим методом. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. хим. наук. Гидрохимический институт. Ростов – на – Дону, 2014. 176 с.
14. Батоев В.Б., Нимацыренова Г.Г., Даблаева Г.С., Палицина С.С. Оценка загрязненности хлорированными фенолами бассейна реки Селенги. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005— № 13.— С.31-35.
15. Сибгатуллин Р.С., Равилов Р.Х., Садыков Н.И. Ветеринарная санитария. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. Казань ФГОУ ВПО Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, 2007. — 148 с.
16. Методические указания по определению трихлорметафоса-3 и его метаболитов в биологическом материале методом газожидкостной хроматографии. Москва: Минздрав СССР. 28.12.1982. N 2647-82. [https://www.libussr.ru/doc\\_ussr/usr\\_11391.htm](https://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_11391.htm).
17. Энгст Р., Махольц Р.М., Куява М. Метаболизм линдана в организме микробов, теплокровных животных и человека // Гигиена и санитария. № 10. — 1978. — С. 64-65.
18. Илларионова Е.А., Сыроватский И.П., Митина А.Э. Химико-токсикологический анализ пестицидов: учебное пособие. Иркутск: ИГМУ, 2022. 51 с.
19. Федоров Л.А., Яблоков А.В. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку. (Уроки XX века). Москва: Наука, 1999. 462 с.
20. Картамышева Е.С., Иванченко Д.С. Основные источники загрязнения окружающей среды в судостроительной промышленности. // Молодой ученый, 2018. №25(211). С 18-20 — URL: <https://moluch.ru/archive/211/51588/> (дата обращения: 18.11.2023).

21. Тютюнник В.В., Резниченко О.П., Каурова З.Г. Исследования концентраций фенола в воде прибрежной части Невской губы. // Международный вестник ветеринарии, 2018. № 2. С. 87-90.

22. Долматова Л.А., Егорова Л.С., Михайленко М.А. Летучие фенолы в объектах экосистемы р. Барнаулки // Известия АлтГУ. - 2004. - №3 (33). - С. 10-14.

23. Овечкин Ф.Ю., Овечкина Е.С. Природа фенольного загрязнения реки Вах // 2-я Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы науки и практики XXI в.» Нижневартовск, 2016. С. 77-85. DOI:10.5281/zenodo.292969.

24. Сиротский С.Е., Климин М.А. Источники поступления фенольных соединений в природные воды на примере бассейна реки Амур // Вопросы рыболовства, 2009. Т. 10.—№ 3(39). — С. 598-617.

25. Некрасова Л.П., Малышева А.Г., Абрамов Е.Г. Трансформация фенола и двухатомных фенолов в поверхностной воде под действием природных физико-химических факторов. // Гигиена и санитария. 2019; 98(11): 1206-1211. DOI: [http://dx. doi . org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1206-1211](http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1206-1211).

26. Михайлик Т.А. Гидрохимия реки Раздольной и ее влияние на экологическое состояние Амурского залива. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. хим. наук. — Владивосток, 2023 —ДВФУ, 26 с.

27. Химическое загрязнение компонентов экосистем. Содержание приоритетных поллютантов в прибрежной зоне Японского моря в 1996–1998 гг. Отчет о НИР / отв. исп. Т.А. Белан — Владивосток: ДВНИГМИ, 2000. — 37 с.

28. Химическое загрязнение компонентов экосистем. Содержание приоритетных поллютантов в прибрежной зоне Японского моря в 2000 г. Отчет о НИР / отв. исп. Т.А. Белан — Владивосток: ДВНИГМИ, 2001. — 31 с.