

УДК 551.465.7(597)

КАЧЕСТВО ВОДЫ ПРИДОННОГО СЛОЯ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАЛИВА НЯЧАНГА (ВЬЕТНАМ)

© 2020 г. Нгуен Тхи Лан^{1,*}, Фан Чонг Хуан¹

¹ *Российско-Вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр,
Приморское отделение, департамент экологии
57127 Нячанг, ул. Нгуен Тхьен Тхуат, 30, Вьетнам*

**E-mail: nguyentanst1805@gmail.com*

Поступила в редакцию 05.07.2019 г.

После доработки 09.10.2019 г.

Принята к публикации 10.12.2019 г.

В 2018 г. изучали компоненты прибрежной экосистемы с целью оценки экологической ситуации донных экосистем, особенно изменений структуры коралловых рифов залива Нячанг. Проведены измерения содержания загрязнителей в придонном горизонте и в донных отложениях залива. Основными группами загрязнителей были биогенные вещества (нитраты, нитриты, аммонийный азот, фосфат), тяжелые металлы и органические загрязняющие вещества (нефть и нефтепродукты). Результаты исследования показателей воды и отложений свидетельствовали, что концентрации загрязняющих веществ в воде и в отложениях залива Нячанг в сухой сезон немного больше чем в сезон дождей, кроме содержания тяжелых металлов (ТМ) в зоне порта Хонтам. В обоих сезонах их содержание было высоким, меньше ПДК стандарта Вьетнама и Юго-Восточной Азии. Концентрации загрязняющих веществ сильно менялись. Содержание биогенных веществ (NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-}) в донных отложениях залива было намного больше, чем в воде.

Ключевые слова: загрязнение, биогенные вещества, тяжелые металлы, нефть и нефтепродукты, залив Нячанг, вода, донные отложения, Вьетнам.

DOI: 10.31857/S0002188120030114

ВВЕДЕНИЕ

В конце 20-го и начале 21-го века Нячанг был одним из немногих городов с большим потенциалом развития во Вьетнаме. Для города характерна высокая плотность населения, развитая промышленность и обширные сельскохозяйственные угодья по берегам рек, активная туристическая деятельность на море, производство бесконтрольных марикультур. Все это вызывает загрязнение воды и оказывает влияние на экологическую ситуацию в заливе Нячанг [1]. Основными группами загрязнителей являются биогенные вещества (нитраты, нитриты, аммонийный азот, фосфат), тяжелые металлы (ТМ) и органические загрязняющие вещества (нефть и нефтепродукты). Их источником являются бытовые и коммунальные стоки [2]. Они попадают в залив с 2-мя основными реками – Кай и Бе [3]. Кроме этого, морская промышленность также производит много токсичных отходов, вызывающих ухудшение состояния окружающей среды, туристы выносят на пляжи, на море пластмассовые предметы, которые загрязняют

акваторию много лет и почти не разлагаются микроорганизмами. В настоящее время микропластик является новым загрязнителем [4]. Он находится во всех средах, накапливается даже в живых организмах [5].

Эти загрязнители ежедневно попадают в залив Нячанг. Некоторые из них разлагаются под воздействием многих факторов окружающей среды, частично поглощаются водными организмами, частично растворяются в воде и с течениями уходят в океан. Частично вещества-загрязнители оседают на дно и сохраняются в донных отложениях залива [6]. Качество придонной воды и донных отложений напрямую влияет на жизнь донных организмов, которые через пищевую цепь затрагивают всю прибрежную экосистему [7].

Цель работы – сезонное изучение содержания биогенных веществ (нитратов, нитритов, аммонийного азота, фосфатов), ТМ, нефти и нефтепродуктов в разных районах акватории залива Нячанг.

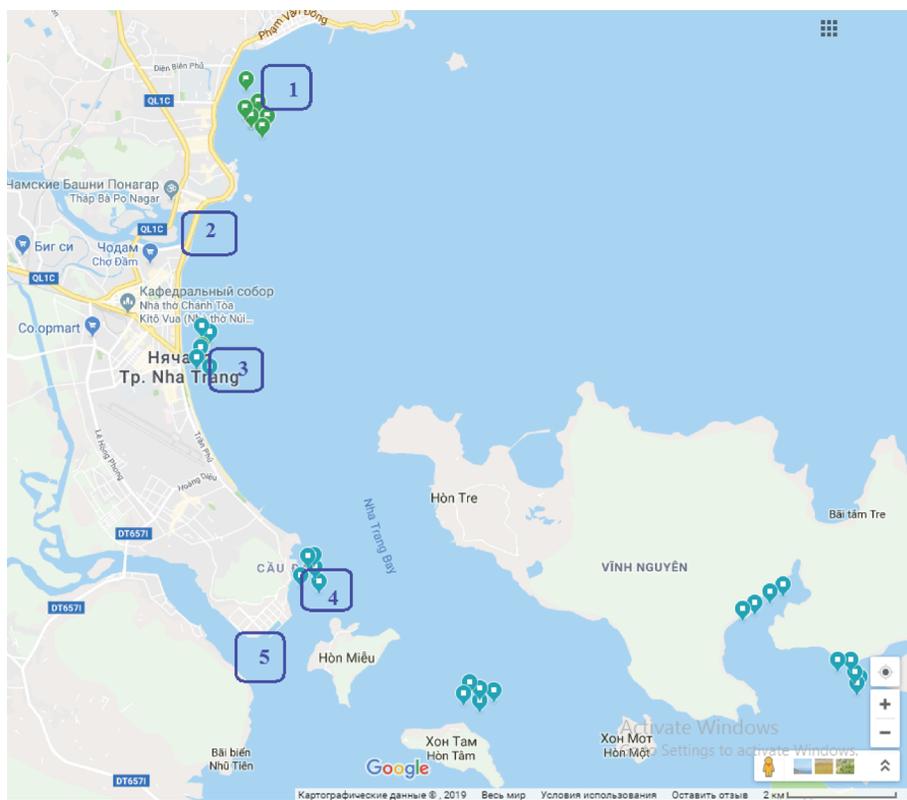


Рис. 1. Карта залива Нячанг: 1–5 – зоны отбора проб.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена в заливе Нячанг, который вытянут в меридиональном направлении с координатами $12^{\circ}08'–12^{\circ}24'N$ и $109^{\circ}10'–109^{\circ}23'E$. Его площадь вместе с островами составляет $\approx 300 \text{ км}^2$. Акватория залива разделяется на разные зоны (рис. 1): на севере и центре залива – пляж, где всегда собирается много туристов (зона 1 и 3), зона устья р. Кай (зона 2), в залив впадает еще одна р. Бе, ее устье расположено в зоне 5, зона 4 – порт Хонтан, который является самым большим и самым активным в Нячанге. Здесь имеются не только рыбацкие, но и туристические лодки, корабли.

Сбор материала проводили 2 раз в год в сухой сезон (06.2018 г.) и в сезон дождей (12.2018 г.). В каждой зоне отбирали пробы в 5-ти точках, в каждой точке 3 раза. Пробы воды собирали батометром, донные отложения – ковшом Ван Вина, весь полученный материал сохранен и доставлен в лабораторию для анализа по стандартным методам [8]. Содержание PO_4^{3-} определяли по [9], NO_3^- – по [10], NH_4^+ , Fe, Zn, Pb, нефть и нефтепродукты – методами, приведенными в [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание веществ в воде придонного слоя и в донных отложениях залива Нячанга в сухой сезон и сезон дождей показано в табл. 1. Приведены средние величины каждого показателя в каждой зоне отбора проб. Полученные результаты показали, что содержание веществ сильно менялось: в воде содержание PO_4^{3-} находилось в пределах от 1.5 до 27.5, NO_3^- – от 25 до 31, NH_4^+ – от 1.0 до 11.0 мкг/л; в донных отложениях содержание PO_4^{3-} менялось от 0.1 до 5.1, NO_3^- – от 0.7 до 18, NH_4^+ – от 0.1 до 4.2 мкг/г; содержание железа – от 2410 до 71200, цинка – от 20.5 до 111, свинца – от 9.9 до 38.2 мкг/г; содержание нефти и нефтепродуктов – от 55.1 до 153 мкг/г. Таким образом, содержание нитратов в воде придонного слоя менялось меньше всего.

Содержание биогенных веществ (NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-}) в донных отложениях залива было намного больше, чем в воде. Это могло объясняться длительным осаждением, которое также доказывало, что разложение веществ в донных отложениях залива Нячанг происходит медленно. Также пока-

Таблица 1. Содержание веществ в воде придонного слоя и в донных отложениях залива Нячанг в сухой сезон и в сезон дождей

| Точка отбора проб | Координаты точки | Глубина, м | Содержание веществ | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------|------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|------|------|-------------|
| | | | в воде придонного слоя, мкг/л | | | в донных отложениях, мкг/г | | | | | | |
| | | | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | Fe | Zn | Pb | нефть и НП* |
| Сухой сезон (06.2018 г.) | | | | | | | | | | | | |
| T.1.1 | N12°16'51.1" E109°12'17.1" | 5.0 | 10.0 | 30 | 2.0 | 0.3 | 5.6 | 0.3 | 4260 | 25.4 | 18.5 | 118 |
| T.1.2 | N 12°16'52.4" E 109°12'35.9" | 7.5 | 9.4 | 30 | 5.0 | 1.4 | 8.7 | 1.2 | 25800 | 52.7 | 20.8 | 137 |
| T.1.3 | N 12°16'42.4" E09°12'28.3" | 7.5 | 9.7 | 30 | 8.0 | 0.8 | 5.6 | 3.9 | 14100 | 36.5 | 20.5 | 119 |
| T.1.4 | N2°16'34.1" E109°12'21.0" | 4.5 | 11.0 | 29 | 6.0 | 0.3 | 3.2 | 1.3 | 12600 | 39.7 | 19.4 | 107 |
| T.1.5 | N2°16'32.0" E109°12'41.9" | 7.5 | 9.3 | 29 | 7.0 | 0.8 | 1.9 | 1.0 | 9940 | 30.8 | 15.7 | 113 |
| T.2.1 | N2°15'45.9" E109°11'45.7" | 4.0 | 10.4 | 31 | 5.0 | 1.2 | 1.9 | 1.4 | 11700 | 49.8 | 22.6 | 89.2 |
| T.2.2 | N12°15'33.6" E109°11'47.5" | 2.0 | 27.5 | 31 | 10.1 | 2.2 | 7.1 | 1.0 | 67200 | 88.5 | 37.9 | 138 |
| T.2.3 | N12°15'40.2" E 109°11'59.3" | 3.0 | 9.4 | 30 | 5.2 | 0.5 | 0.7 | 1.2 | 5900 | 32.7 | 18.4 | 99.7 |
| T.2.4 | N12°15'25.0" E 109°12'07.1" | 5.0 | 9.7 | 30 | 4.0 | 0.3 | 1.1 | 2.7 | 7570 | 36.8 | 20.5 | 105 |
| T.2.5 | N12°15'21.4" E 109°12'24.8" | 8.0 | 9.3 | 29 | 4.8 | 0.6 | 1.5 | 0.2 | 19000 | 47.3 | 16.7 | 127 |
| T.3.1 | N12°14'22.5" E 109°12'09.2" | 6.0 | 1.5 | 30 | 4.0 | 0.6 | 8.7 | 0.3 | 7500 | 36.1 | 19.7 | 106 |
| T.3.2 | N12°14'22.9" E 109°12'16.8" | 10.5 | 2.0 | 31 | 5.0 | 0.3 | 1.3 | 0.2 | 19900 | 48.6 | 26.4 | 129 |
| T.3.3 | N12°14'38.3" E 109°12'17.4" | 11 | 1.7 | 30 | 8.5 | 2.0 | 2.4 | 0.1 | 8070 | 36.7 | 23.9 | 117 |
| T.3.4 | N12°14'39.6" E 109°12'05.6" | 6 | 2.3 | 29 | 5.0 | 0.4 | 5.1 | 1.0 | 6920 | 27.5 | 16.4 | 107 |
| T.3.5 | N12°14'07.0" E 109°12'09.6" | 6 | 2.2 | 29 | 6.0 | 0.8 | 2.3 | 0.4 | 9240 | 32.8 | 25.7 | 112 |
| T.4.1 | N12°11'58.9" E 109°13'15.6" | 21 | 10.6 | 30 | 11.0 | 5.1 | 18.0 | 1.1 | 25700 | 59.4 | 26.4 | 126 |
| T.4.2 | N12°12'14.4" E 109°13'21.0" | 22 | 11.9 | 29 | 6.0 | 3.0 | 8.3 | 0.4 | 2410 | 21.4 | 10.6 | 90.5 |
| T.4.3 | N12°12'23.0" E 109°13'06.3" | 14 | 10.0 | 28 | 1.4 | 2.5 | 13.8 | 0.5 | 14800 | 49.1 | 21.1 | 98.7 |
| T.4.4 | N12°12'11.1" E 109°13'11.9" | 12 | 12.6 | 27 | 5.0 | 4.6 | 15.4 | 0.2 | 44300 | 52.6 | 26.4 | 113 |
| T.4.5 | N12°12'07.0" E 109°12'59.6" | 6 | 10.1 | 28 | 1.2 | 0.9 | 9.6 | 1.2 | 11000 | 40.7 | 18.5 | 109 |
| T.5.1 | N12°11'13.1" E 109°12'35.2" | 6 | 5.7 | 31 | 2.0 | 0.4 | 1.2 | 2.2 | 18200 | 56.2 | 25.4 | 153 |

Таблица 1. Продолжение

| Точка отбора проб | Координаты точки | Глубина, м | Содержание веществ | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------------|------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|-------|------|-------------|
| | | | в воде придонного слоя, мкг/л | | | в донных отложениях, мкг/г | | | | | | |
| | | | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | Fe | Zn | Pb | нефть и НП* |
| T.5.2 | N12°10'54.9" E 109°12'44.3" | 9.5 | 10.3 | 31 | 1.4 | 0.4 | 1.2 | 1.4 | 12700 | 50.1 | 21.6 | 137 |
| T.5.3 | N12°11'01.0" E 109°13'04.7" | 11 | 12.9 | 30 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 2.7 | 14400 | 49.5 | 20.7 | 143 |
| T.5.4 | N12°11'08.8" E 109°12'50.9" | 11.5 | 10.4 | 30 | 1.0 | 0.9 | 6.1 | 2.4 | 11900 | 44.8 | 19.5 | 130 |
| T.5.5 | N12°11'22.4" E 109°12'53.0" | 12 | 9.7 | 31 | 2.0 | 3.0 | 12.3 | 4.2 | 23800 | 61.9 | 29.4 | 139 |
| Min | | 2 | 1.5 | 27.0 | 1.0 | 0.3 | 0.7 | 0.1 | 2410 | 21.4 | 10.6 | 89.2 |
| Max | | 22 | 27.5 | 31.0 | 11.0 | 5.1 | 18.0 | 4.2 | 67200 | 88.5 | 37.9 | 153 |
| Сезон дождей (12.2018 г.) | | | | | | | | | | | | |
| T.1.1 | N12°16'51.1" E109°12'17.3" | 6.0 | 16.0 | 27.0 | 3.5 | 0.6 | 4.3 | 0.1 | 15700 | 39.7 | 12.5 | 89.4 |
| T.1.2 | N 12°16'52.5" E109°12'35.9" | 7.5 | 16.7 | 28.0 | 1.6 | 0.2 | 3.9 | 1.5 | 7200 | 20.5 | 10.7 | 85.2 |
| T.1.3 | N 12°16'42.4" E09°12'28.3" | 8.0 | 9.7 | 25.0 | 2.0 | 1.7 | 4.1 | 1.3 | 18200 | 40.6 | 21.4 | 98.5 |
| T.1.4 | N2°16'34.3" E109°12'21.0" | 5.0 | 15.5 | 30.0 | 1.5 | 0.8 | 3.1 | 0.8 | 16900 | 47.2 | 19.5 | 112 |
| T.1.5 | N2°16'32.5" E109°12'42.9" | 8.0 | 8.4 | 27.0 | 2.1 | 0.7 | 3.5 | 1.8 | 19500 | 38.5 | 22.6 | 107 |
| T.2.1 | N2°15'46.3" E109°11'45.7" | 4.5 | 9.8 | 26.0 | 3.8 | 0.7 | 1.2 | 1.4 | 14000 | 55.6 | 19.7 | 55.1 |
| T.2.2 | N12°15'34.0" E109°11'47.5" | 2.5 | 22.5 | 28.0 | 8.6 | 1.2 | 6.6 | 0.9 | 71200 | 111.3 | 38.2 | 69.8 |
| T.2.3 | N12°15'40.2" E109°11'59.8" | 4.0 | 9.1 | 26.0 | 6.0 | 0.3 | 1.1 | 0.8 | 6790 | 35.6 | 21.3 | 63.5 |
| T.2.4 | N12°15'25.5" E109°12'07.1" | 5.0 | 9.0 | 27.0 | 3.0 | 0.1 | 1.0 | 1.3 | 5430 | 38.3 | 18.1 | 89.2 |
| T.2.5 | N12°15'21.9" E109°12'24.1" | 8.0 | 8.7 | 28.0 | 2.3 | 0.3 | 1.7 | 0.4 | 15700 | 48.1 | 17.4 | 79.6 |
| T.3.1 | N12°14'22.5" E109°12'09.2" | 6.5 | 7.1 | 29.0 | 2.5 | 0.7 | 10.4 | 0.3 | 24300 | 29.2 | 24.1 | 84.3 |
| T.3.2 | N12°14'22.9" E109°12'16.8" | 11.0 | 8.7 | 30.0 | 1.7 | 1.4 | 2.7 | 0.2 | 12100 | 32.8 | 15.3 | 95.9 |
| T.3.3 | N12°14'38.3" E109°12'17.4" | 10.0 | 9.6 | 28.0 | 1.5 | 0.7 | 3.2 | 0.2 | 10400 | 39.7 | 12.8 | 88.7 |
| T.3.4 | N12°14'39.6" E109°12'05.6" | 7.0 | 7.2 | 29.0 | 1.0 | 0.6 | 9.5 | 0.2 | 12200 | 34.5 | 10.4 | 97.4 |
| T.3.5 | N12°14'07.0" E109°12'08.2" | 6.5 | 7.4 | 30.0 | 2.1 | 0.7 | 6.9 | 1.3 | 13500 | 23.7 | 16.4 | 99.2 |
| T.4.1 | N12°11'56.5" E109°13'15.6" | 22.0 | 6.1 | 27.0 | 1.7 | 2.0 | 14.5 | 3.1 | 33100 | 89.6 | 30.5 | 115 |

Таблица 1. Окончание

| Точка отбора проб | Координаты точки | Глубина, м | Содержание веществ | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|------|------|-------------|
| | | | в воде придонного слоя, мкг/л | | | в донных отложениях, мкг/г | | | | | | |
| | | | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | Fe | Zn | Pb | нефть и НП* |
| T.4.2 | N12°12'16.0" E109°13'21.0" | 24.0 | 7.3 | 29.0 | 1.0 | 3.7 | 16.4 | 1.8 | 29300 | 55.4 | 22.9 | 98.1 |
| T.4.3 | N12°12'23.0" E09°13'07.1" | 16.0 | 7.0 | 30.0 | 2.5 | 3.9 | 17.5 | 2.0 | 34900 | 62.8 | 29.7 | 110 |
| T.4.4 | N12°12'11.9" E109°13'12.3" | 11.0 | 10.5 | 28.0 | 1.8 | 4.1 | 3.6 | 2.3 | 36600 | 66.1 | 21.9 | 115 |
| T.4.5 | N12°12'07.0" E109°12'59.6" | 5.5 | 7.5 | 29.0 | 1.6 | 1.8 | 10.0 | 1.5 | 28100 | 58.2 | 23.1 | 99.4 |
| T.5.1 | N12°11'13.8" E109°12'35.5" | 7.0 | 5.6 | 28.0 | 2.1 | 0.3 | 0.7 | 1.1 | 15300 | 33.1 | 17.6 | 138 |
| T.5.2 | N12°10'54.9" E109°12'44.3" | 9.5 | 11.3 | 29.0 | 1.1 | 0.4 | 1.0 | 0.9 | 13900 | 34.5 | 15.3 | 136 |
| T.5.3 | N12°11'01.0" E109°13'04.7" | 13.0 | 11.6 | 28.0 | 1.1 | 1.5 | 0.8 | 1.9 | 11100 | 30.9 | 11.2 | 122 |
| T.5.4 | N12°11'09.8" E109°12'51.3" | 15.0 | 8.8 | 27.0 | 1.0 | 0.8 | 6.2 | 1.5 | 9100 | 25.7 | 9.9 | 115 |
| T.5.5 | N12°11'22.9" E109°12'53.3" | 14.0 | 8.1 | 29.0 | 1.6 | 1.9 | 6.6 | 2.8 | 21100 | 31.3 | 17.6 | 109 |
| Min | | 2.5 | 5.6 | 25.0 | 1.0 | 0.1 | 0.7 | 0.1 | 5430 | 20.5 | 9.9 | 55.1 |
| Max | | 24.0 | 22.5 | 30.0 | 8.6 | 4.1 | 17.5 | 3.1 | 71200 | 111 | 38.2 | 138 |

Примечание. В обозначении точки (Т) отбора проб: первая цифра – зона отбора ($n = 5$), вторая – точка отбора ($n = 5$).
*НП – нефтепродукты. То же в табл. 2.

зано, что содержание загрязняющих веществ несколько уменьшалось в сезон дождей и только в нескольких точках отбора проб незначительно увеличивалось.

Показано (табл. 2), что в воде придонного слоя только средние величины содержания PO₄³⁻ в зоне 1 и 3 увеличивались, в остальных зонах отбора проб были меньше в сезон дождей. В донных отложениях залива в сезон дождей в зоне 4 содержание NH₄⁺ и ТМ (железа, цинка, свинца) сильно увеличивалось при сравнении с их содержанием в сухой сезон: содержание NH₄⁺ – от 0.7 до 2.1, Fe – от 19600 до 32400, Zn – от 44.6 до 66.4, Pb – от 20.6 до 25.6 мкг/г.

При сравнении полученных результатов с национальными техническими стандартами качества прибрежной воды во Вьетнаме от 2015 г. (QCVN 10-МТ: 2015/ВТНМТ) и с национальными техническими стандартами качества донных отложений во Вьетнаме от 2017 г. (QCVN 43:

2017/ВТНМТ) показано, что содержание изученных веществ в воде придонного слоя и в донных отложениях залива Нячанга находились в пределах ПДК вредных веществ. Также эти показатели не превышали ПДК вредных веществ для Юго-Восточной Азии [13].

При сравнении содержания изученных веществ в воде придонного слоя и в донных отложениях залива Нячанга с ПДК вредных веществ для Юго-Восточной Азии выяснили, что содержание фосфатов в зонах 1, 3, 4, 5 были довольно высокими и находились на грани ПДК. В течение года содержание фосфатов несколько увеличивалось в сезон дождей (от 9.2 до 10.0 мкг/л) и его средняя годовая величина повысилась почти в 1.5 раза при сравнении с данными, полученными 20 лет назад [14].

Содержание фосфатов и нитратов в воде придонного слоя в 1998 г. и в 2018 г. представлено в табл. 3. Показано, что содержание фосфатов через 20 лет увеличилось, наоборот, содержание нитратов было значительно меньше, их самое вы-

Таблица 2. Средние показатели содержания загрязняющих веществ в воде придонного слоя и в донных отложениях залива Нячанг (2018 г.)

| Сезон | Зона отбора проб, № | Содержание веществ | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|------|------|-------------|
| | | в воде придонного слоя, мкг/л | | | в донных отложениях, мкг/г | | | | | | |
| | | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | Fe | Zn | Pb | Нефть и НП* |
| Сухой | 1 | 9.9 | 29.6 | 5.6 | 0.7 | 5.0 | 1.5 | 13400 | 37.0 | 19.0 | 119 |
| | 2 | 13.3 | 30.2 | 5.8 | 1.0 | 2.5 | 1.3 | 22300 | 51.0 | 23.2 | 112 |
| | 3 | 1.9 | 29.8 | 5.7 | 0.8 | 4.0 | 0.4 | 10300 | 36.3 | 22.4 | 114 |
| | 4 | 11.0 | 28.4 | 4.9 | 3.2 | 13.0 | 0.7 | 19600 | 44.6 | 20.6 | 108 |
| | 5 | 9.8 | 30.6 | 1.6 | 1.2 | 4.4 | 2.6 | 16200 | 52.5 | 23.3 | 140.0 |
| Средние сухого сезона | | 9.2 | 29.7 | 4.7 | 1.4 | 5.8 | 1.3 | 16400 | 44.3 | 21.7 | 118.4 |
| Дождевой | 1 | 13.3 | 27.4 | 2.1 | 0.8 | 3.8 | 1.1 | 15500 | 37.3 | 17.3 | 98.4 |
| | 2 | 11.8 | 27.0 | 4.7 | 0.5 | 2.3 | 1.0 | 22600 | 57.8 | 22.9 | 71.4 |
| | 3 | 8.0 | 29.2 | 1.8 | 0.8 | 6.5 | 0.4 | 14500 | 32.0 | 15.8 | 93.1 |
| | 4 | 7.7 | 28.6 | 1.7 | 3.1 | 12.4 | 2.1 | 32400 | 66.4 | 25.6 | 108 |
| | 5 | 9.1 | 28.2 | 1.4 | 1.0 | 3.1 | 1.6 | 12400 | 31.1 | 14.3 | 124 |
| Средние сезона дождей | | 10.0 | 28.1 | 2.3 | 1.2 | 5.6 | 1.2 | 19500 | 44.9 | 19.2 | 98.9 |
| Средние за год | | 9.6 | 28.9 | 3.5 | 1.3 | 5.7 | 1.3 | 17900 | 44.6 | 20.5 | 109 |

сокое содержание в 2018 г. (31 мкг/л) было в 2 раза меньше, чем в 1998 г. (62 мкг/л). Высокое содержание фосфатов в воде придонного слоя залива может служить показателем загрязненности коммунально-бытовыми сточными водами, а уменьшение содержания нитратов, видимо, свидетельствовало об уменьшении стока азотных удобрений с сельскохозяйственных полей.

Исследование донных отложений 20 лет назад [15] показало, что содержание железа достигало 26000 мкг/г и было больше, чем в 2018 г. (17500 мкг/г): т.е. через 20 лет содержание железа в донных отложениях залива Нячанг уменьшилось почти в 1.5 раза. При этом содержание свинца резко увеличилось от 1.3 в 1997 г. до 20.5 мкг/г в 2018 г. Ясно, что основным источником свинца

был транспорт, использующий этилированный бензин. Поэтому можно сделать вывод, что основной причиной ухудшения экологической ситуации донных экосистем залива Нячанг является развитие промышленности в данном регионе.

ВЫВОДЫ

1. Содержание изученных загрязняющих веществ в придонных водах и в донных отложениях залива Нячанга сильно менялось: в донных отложениях уменьшалось количество PO₄³⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ и увеличивалось содержание железа, цинка и свинца, а также нефти и нефтепродуктов по сравнению с придонными водами.

2. За 20-летний период наблюдений содержание фосфатов, железа несколько изменилось, содержание нитратов значительно снизилось, содержание свинца резко увеличилось.

3. Содержание загрязняющих веществ в придонных водах и в донных отложениях немного уменьшалось в сезон дождей, за исключением содержания фосфатов и тяжелых металлов в некоторых зонах исследования. Содержание всех изученных веществ находилось в пределах ПДК вредных веществ, и они не представляют серьезной опасности для донной экосистемы залива Нячанга.

Таблица 3. Содержание фосфатов и нитратов в воде придонного слоя в 1998 и 2018 гг.

| Загрязнитель | Содержание, мкг/л | Год | |
|-------------------------------|-------------------|------|------|
| | | 1998 | 2018 |
| PO ₄ ³⁻ | Min | 0.5 | 1.5 |
| | Max | 11.1 | 27.5 |
| | Среднее | 6.8 | 9.6 |
| NO ₃ ⁻ | Min | 62 | 25 |
| | Max | 225 | 31 |
| | Среднее | 107 | 28.9 |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pavlov D.S., Novikov G.G., Levenko V.A. The feature of structure and functionality of South China sea coastal plankton communities. Moscow: GEOS, 2006. 280 p.
2. Павлов Д.С., Зворыкин Д.Д. Экология внутренних вод Вьетнама. М.: Товарищ-во научн. изданий КМК, 2014. 437 с.
3. Хуан Ф.Ч., Лан Н.Т. Видовое разнообразие диатомовых водорослей р. Кай провинции Кханьхоа, Вьетнам // Научн. жизнь. 2018. № 7. С. 89–96.
4. Kershaw P.J., Rochma C.M. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: Part 2 of a global assessment // Reports and Studies. GESAMP – FAO, 2015. 96 p.
5. Law K.L., Morét-Ferguson S.E., Goodwin D.S., Zettler E.R., De Force E., Kukulka T., Proskurowski G. Distribution of surface plastic debris in the eastern Pacific Ocean from an 11-year data set // Environ. Sci. Technol. 2014. № 48. P. 4732–4738.
6. Gupta S.K., Singh J. Evaluation of mollusk as sensitive indicator of heavy metal pollution in aquatic system: a review // ИОАВ J. 2011. № 2. P. 49–57.
7. Rainbow P.S. Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and so what? // Environ. Pollut. 2002. № 120. P. 497–507.
8. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for examination of water and wastewater. 22nd ed. Washington: Amer. Publ. Health Association. 2012. 1360 p.
9. Grashoff, K., Kremling K., Ehrhardt M. Methods of sea-water analysis. WILEY-VCH Publisher, 1999. 600 p.
10. Wood E.D., Armstrong F.A.J., Richards F.A. Determination of nitrate in sea water by cadmium-copper reduction to nitrite // J. Mar. Biol. Associat. United Kingdom. 1967. V. 47. P. 23–31.
11. Руководство по методам химического анализа морских вод. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 265 с.
12. Полянский Н.Г. Аналитическая химия брома. М.: Наука, 1980. 244 с.
13. McPherson C.A., Chapman P.M., Vigers G.A., Ong K.S. ASEAN marine water quality criteria: Contextual framework, principles, methodology and criteria for 18 parameters. ASEAN Marine Environmental Quality Criteria – Working Group (AMEQC-WG), ASEAN-Canada Cooperative Programme on Marine Science - Phase II (CPMS-II). EVS Environment Consultants, North Vancouver and Department of Fisheries, Malaysia, 568 p.
14. Dương Trọng Kiểm, Nguyễn Hồng Thu. Biến động hàm lượng của các yếu tố dinh dưỡng và kim loại nặng trong nước tại trạm giám sát môi trường vịnh Nha Trang (1997–1998) // Tuyển tập nghiên cứu biển, 1999. Tập IX. Tr. 118–122.
15. Pham Van Tom. Environmental quality of Nhatrang bay // Workshop on SIDA, SAREC, CMC, IMO, MOST project Pollution Prevention and Management in Coastal Waters of Vietnam, 31 March–1 April. Nha-trang, 1998. P. 1–19.

Quality of Bottom Water and Sediment of Nha Trang Bay (Vietnam)

Nguyen Thi Lan^{a, #} and Phan Trong Huan^a^a Russian-Vietnamese Tropical Research and Technologe Center, Coastal Branch, Department of Ecology, st. Nguyen Thien Thuat 30, Nha Trang, Khanh Hoa Province 57127, Vietnam[#] E-mail: nguyentanst1805@gmail.com

In 2018, in order to assess the ecological status of benthic ecosystems, especially these changes in the structure of the coral reef of Nhatrang bay, it was measured contaminants in the bottom water and in the sediments of the bay. The main groups of pollutants are nutrients (nitrates, nitrites, ammonia, phosphate), heavy metals and organic pollutants (oil and grease). Results of chemical parameters of water and sediments showed that the concentration of substances in dry season was slightly higher than in the rainy season, except for heavy metal in the Hontam port. In both season, these concentrations were not high. They were lower than the limit of permissible concentrations of harmful substances of standard of Vietnam and ASEAN. Concentrations of substances fluctuate strongly between sampling points. The concentration of biogenic substances (NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-}) in sediments of the bay was much higher than in bottom water.

Key words: pollution, nutrients, heavy metals, oil and grease, Nha Trang Bay, Vietnam.