

На правах рукописи

ЧАН ВАН ТХИНЬ

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА СРЕДЫ И БИОРЕСУРСОВ ЗАЛИВА
ХАЛОНГ-КАТБА (ВЬЕТНАМ)

Специальность 25.00.36 - Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург 2004

Диссертация выполнена на кафедре Промысловой океанологии и охраны природных вод Российского государственного гидрометеорологического университета

Научный руководитель:

- Кандидат биологических наук, доцент Шилин М. Б.

Официальные оппоненты:

- Доктор биологических наук, профессор Гальцова В. В.

- Кандидат географических наук, Намятов А. А.

Ведущая организация:

- Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, кафедра Экологических основ природопользования

Защита диссертации состоится "20" декабря 2004 г. в 15.30 часов на заседании Диссертационного совета Д.212.197.03 в Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, г. Санкт-Петербург, Малоохтинский проспект, 98, тел. 812.444-41-56.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета

Автореферат разослан " 11 " ноября 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



Бескид П. П.

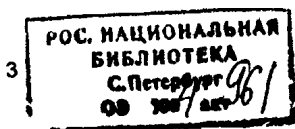
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Исследование реакции экосистем залива Халонг-Катба на антропогенную нагрузку представляет собой важную и актуальную задачу. За последние годы природные и антропогенные воздействия вызвали большие изменения экологической ситуации в районе. Число бедствий (наводнения, заполнение морских каналов, подмыв берега и др.) увеличивается. Развитие экономики и увеличение населения приводит к возрастающему поступлению в среду различных групп загрязнителей, многие из них являются экотоксическими для природных экосистем. Большая их часть включается в трофические цепи и сети, представляя определенную опасность для водных организмов. Часть загрязняющих веществ аккумулируется в донных отложениях, становясь губительным фактором замедленного действия для обитателей залива. Процесс вырубки мангровых лесов для расширения полевой площади в сельском хозяйстве и марикультуре, построение новых населенных районов и промышленных производственных комплексов, расширение портов и др. - все вместе взятое приводит к уменьшению площади естественных экосистем в прибрежной зоне. Беспорядочная добыча природных ресурсов также приводит к уничтожению многих коралловых рифов и донных сообществ, которые являются важнейшим экологическим звеном во всех экосистемах залива. В настоящее время состояние среды и экосистем района сильно ухудшается, поэтому необходимость исследований на разных уровнях организации живых систем очевидна и для решения проблем сохранения биоразнообразия в водных экосистемах. Информация для осуществления исследований такого рода может быть получена в ходе комплексного экологического мониторинга. Несмотря на резкое возрастание антропогенной нагрузки на прибрежную зону залива Халонг-Катба, до настоящего времени исследования по типу мониторинга здесь не проводились. Это не позволяет адекватно оценить сложившуюся экологическую ситуацию и препятствует процедуре планирования развития прибрежной зоны. Таким образом, выбранная тема диссертационной работы представляется важной и актуальной.

Цель и задачи исследования.

Основной целью нашей работы является проведение комплексного экологического мониторинга качества среды и биоресурсов в заливе Халонг-Катба, предоставление достоверных данных о состоянии среды и населяющих ее организмов, а также выявление причин, вызывающих деградацию некоторых биологических сообществ в заливе.



Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) Оценка состояния водной среды и ее степени загрязнения в заливе за последние годы;
- 2) Оценка уровня биоразнообразия основных водных сообществ залива (фитопланктон, бентос и коралловые рифы) и их состояние под влиянием факторов среды;
- 3) Анализ степени токсичности отложенных осадков и их воздействие на водные организмы. На основе полученных результатов и анализа факторов среды предполагается выявить возможные причины деградации некоторых донных сообществ.

Научная новизна работы

Процесс экологического мониторинга качества среды и биоресурсов залива Халонг-Катба впервые был проведен на основе комплексного исследования природных и антропогенных факторов, влияющих на развитие биологических сообществ прибрежной зоны района. Результаты исследования дают общую характеристику биоты и оценку уровня ее биоразнообразия, что служит основой для дальнейшего наблюдения за состоянием среды и биоресурсов. Впервые был проведен анализ токсичности донных осадков биотестированием с использованием микроводорослей, являющихся главными продуцентами биологической продукции, и бактерий, являющихся составляющими компонентами биологических сообществ прибрежной экосистемы. Исследование с использованием метода биотестирования предполагает новый подход к оценке качества среды, выявляя некоторые факторы, определяющие современное состояние морских прибрежных экосистем.

Научное и практическое значение работы

Приведенные в работе результаты комплексного исследования могут быть использованы для дальнейшего экологического мониторинга качества среды и биоресурсов залива Халонг-Катба. Настоящая работа дает общую характеристику уровня биоразнообразия фитопланктонного, бентосного и кораллового сообществ. Сведения о степени развития и изменения основных биологических организмов - биоиндикаторов среды под влиянием различных факторов могут служить основой для оценки состояния среды. Научные данные, полученные в результате работы, используются в научных исследованиях в области тропической экологии, одного из главных научных направлений, проводимых в Российско-Вьетнамском тропическом центре, в рамках научного сотрудничества между Вьетнамом и Россией.

Показано, что донные отложения на большей части акватории залива токсичны, подавляют фотосинтез у водорослей и негативно действуют на гете-

ротрофные бактерии. С учетом того, что эти организмы живут в тесном симбиозе с кораллами, высокая токсичность донных осадков может являться одной из главных причин, вызывающих деградации коралловых рифов.

В последние годы процесс загрязнения среды залива Халонг-Катба является актуальной проблемой для района. Результаты нашей работы могут быть использованы для получения объективных данных для принятия правильных управленческих решений в охране природы и рациональном использовании природных ресурсов.

Апробация результатов

Основные положения работы докладывались и обсуждались на научных семинарах Российско-Вьетнамского тропического центра (с 2001 по 2003 г.), на научных заседаниях Экоцентра МГУ (2002 г.) и на Международном экологическом форуме «Окружающая среда и здоровье человека» в Санкт-Петербурге (с 29. 6. 2003 по 2. 07.2003 г.).

На защиту выносятся

1) Результаты определения показателей состояния водной среды, их изменение и оценка влияния на качество среды и состояние биоресурсов залива.

2) Результаты определения содержания загрязняющих веществ в заливе и оценка их влияния на качество среды и состояние водных биоресурсов.

3) Оценка уровня биоразнообразия основных сообществ залива и их изменения под влиянием факторов среды.

4) Оценка степени токсичности донных осадков биотестированием с симбиозными с кораллами микроводорослями и бактериями и выявление причин, вызывающих деградацию коралловых рифов в заливе.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, описания материала и методов исследования, результатов исследования и обсуждения, заключения и основных выводов, списка использованных источников из 178 наименований и трех приложений на 31 страницах. Общий объем работы составляет 184 страницы, включая 96 страниц текста, 30 рисунков, 27 таблиц и 3 схемы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении излагается общая характеристика района исследования, обосновывается актуальность и цель работы, формулируются задачи, практическое значение и другие положения темы диссертационной работы.

В первой главе излагается общий обзор района исследования и характеристика биоресурсов залива Халонг-Катба, описываются природные и антропогенные воздействия на его среду и экосистемы.

Общая характеристика района исследования

Залив Халонг-Катба имеет сложную географическую структуру, большой запас биоресурсов и важное экономическое значение для региона. Залив находится на территории двух провинций Северного Вьетнама - Куанг Нинь-Хай Фонг, в тропическом поясе северного полушария, и состоит из более 2000 км², около 100 км береговой полосы, больше чем 2000 островов, множества бухт, отмелей, лагун, пляжей, пещер и мангровых лесов. В этом районе обильно развиваются сообщества фитопланктона, бентоса, особенно коралловых рифов с большим биоразнообразием.

Природные и антропогенные воздействия

В последние годы наблюдаются усиленные природные и антропогенные воздействия на состояние среды и экосистем района. Процесс подмыва береговой линии в прибрежной зоне усиливается природным (штормы, большие дожди, наводнения и др.) и антропогенным воздействием (вырубки мангровых лесов, добыча минеральных материалов и др.). На береговой линии залива обнаруживается большое число размывших отрезков с интенсивностью подмыва от 7 до более 100 м/год. Процесс наступления моря на сушу также причиняет сильный подмыв земли, уменьшает площадь мангровых лесов и верхней части прибрежной зоны.

В прибрежную зону района впадает более 20 рек, в том числе Красная река и ее рукав - речная система Тхай Бинь ежегодно приносит приблизительно 139 млрд. м³ воды со 120 миллионами тонн ила и песка, 60000 тонн органических веществ, 14600 тонн тяжелых металлов, 470 тонн токсических веществ и 5100 тонн нефти и нефтепродуктов. Песчаные наносы Красной реки и речной системы Тхай Бинь, проникающие в залив через реку Бак Данг, Лак Чаи и Кам, вызывают заполнения транспортных каналов, портов и местобитаний водных животных (рисунок 1).

Из двух провинций Куанг Нинь-Хай Фонг ежегодно в залив Халонг-Катба непосредственно попадает 36 - 37 млн. тонн твердых отходов, 28 - 30 млн. м сточных вод с большим количеством загрязнителей. Вследствие наблюдается интенсивный процесс загрязнения водной среды, уменьшение речных устьев и большая потеря местообитания водных организмов.

За последние годы степень загрязнения водной среды увеличивается. Концентрация нефти и ее продуктов повышается до 0.5 - 0.6 мг/л и превышает предельно допустимые концентрации (ПДК). Концентрация тяжелых метал-

лов в воде превышает ПДК от 1.5 до 15 раз; и они аккумулируются в донных отложениях и организмах животных. Количество фосфатных солей также повышается от 2.1 цг/л до 100.7 цг/л, а сумма нитридных и нитратных веществ - от 34.7 до 96.2 цг/л; снижается количество растворенного в воде кислорода. Также обнаруживается значительное количество стойких терригенных материалов (инсектицидов) в среде залива.

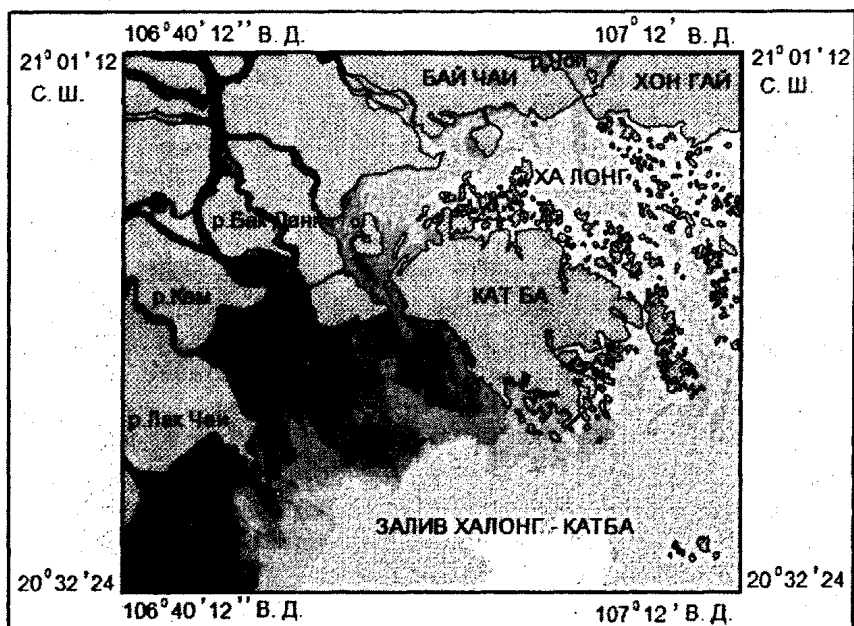


Рисунок 1 – На карте района Халонг-Катба, полученной из спутника (2002 г.), изображается процесс поступающих наносов из трех главных рек в залив Халонг-Катба

Интенсивная деятельность человека при добыче природных ресурсов также приносит большой ущерб прибрежным экосистемам. Вырубки мангровых лесов резко уменьшают площадь обитания живых и растений. Применение взрывчатых веществ, токсических химикатов, примитивных средств промысла и др. не только истощает запас биоресурсов, но и уничтожает многие ценные виды. Загрязнение воды и чрезмерная добыча природных ресурсов также

приносит большой ущерб коралловой экосистеме, вследствие некоторые коралловые рифы находятся на крайней степени деградации.

Во второй главе излагается набор методов, используемых в процессе проведения работы, включая методы измерения температуры, солености воды, определения концентраций тяжелых металлов, органических соединений и оценки состояния фитопланктона, бентоса и коралловых рифов. Также предложен метод биотестирования.

Измерение температуры и солености воды, определение концентраций тяжелых металлов и органических соединений было проведено на 6 типичных станциях в заливе. Так как средняя глубина залива достигает лишь 10 - 15 м, водные пробы отобрали батометром емкостью 1.0 л на глубинах: 0.5 м от поверхности воды, на середине толши воды и 0.5 м от дна. Пробы донных отложений и животных были собраны сетью и дночерпателем от поверхности дна до 10 - 20 см вглубь. В каждой точке сбора отбирали по 3 пробы, объединяли в интегрированную пробу для усреднения. Концентрация тяжелых металлов была определена атомной абсорбционной спектрометрией по стандартным методам. Содержание органических веществ определили с помощью электро-фотометрического колориметра и спектрофотометра со стандартными агентами. После экстрагирования нефти и нефтепродуктов ССЦ и выделения неуглеводородных соединений, их концентрацию определили инфракрасным спектрометром.

Для оценки состояния фитопланктона, бентоса и коралловых рифов, сбор проб был проведен также на типичных станциях. Пробы фитопланктона были отобраны батометром, а пробы бентоса — вручную, дночерпателем и сетью. Показатели биоразнообразия фитопланктона и бентоса (число видов, численность и биомасса) определили по руководствам и методам изучения фитопланктона, бентоса и кораллов. Видовой состав водорослей и животных определили по определителям видов.

Степень токсичности донных отложений (ДО) определили методом биотестирования с тест-культурами водорослей и бактерий. Регистрацию коэффициентов подавления фотосинтетической активности водорослей проводили с помощью флуориметра, а измерение эффекта токсичности ДО использовали прибор «Биотокс-10». Приборы могут автоматически осуществлять функции определения параметров и компьютерной обработки данных.

В третьей главе представлены и обсуждены основные результаты исследования. В главе рассмотрены показатели состояния водной среды и биологических сообществ, показано воздействие загрязняющих веществ на донные организмы, а также действие токсических веществ, содержащихся в донных

отложениях, на коралловые рифы. Предложены возможные причины деградации и вымирания коралловых рифов.

Показатели состояния водной среды

Температура воды залива с 1998 по 2001 гг. в основном не отличается от предыдущих годов, но изменяется по сезонам года и варьирует в среднем от 24.2 до 24.7 С. Самая высокая температура морской воды наблюдается в дождливый сезон (29.3 - 30.4 °С), а самая низкая — в сухой сезон (19.1 - 20.0 °С) (таблица 1).

Таблица 1 -Средняя температура и соленость морской воды залива Халонг-Катба в период с 1998 по 2001 гг.

Температура - в градусах Цельсия; соленость - в промиллях

Время (годы)	Средняя температура воды залива по сезонам			Средняя соленость воды залива по сезонам		
	Сухой	Дождливый	Средняя	Сухой	Дождливый	Средняя
1998	20.0	30.4	25.2	30.95	25.65	28.30
1999	19.6	29.7	24.7	31.25	25.45	28.35
2000	19.3	29.4	24.4	32.05	25.15	28.60
2001	19.1	29.3	24.2	32.70	25.95	29.32

Средняя годовая соленость воды залива колеблется в интервале от 28.30 до 29.32 ‰. В северной части соленость воды представляется высокой, постоянной и варьирует в пределе от 20 до 31 ‰, а в южной части - низкой и колеблется от 5 до 25 ‰. Соленость морской воды залива также сильно изменяется от изменения климата. В дождливый сезон средняя соленость находится в пределе от 25.15 до 25.95 ‰, а в сухой сезон - от 30.95 до 32.70 ‰ (таблица 1).

Состояние окружающей среды залива

Концентрация нефти и нефтепродуктов с 1996 по 2001 гг. повышается от 0.34 до 0.54 мг/л и превышает ПДК на 0.04 - 0.24 мг/л (рисунок 2).

Содержание тяжелых металлов в воде также имеет тенденцию к повышению с 1998 по 2001 гг. Концентрация меди возрастала от 6.10 до 8.71 цг/л, цинка - от 10.07 до 106.2 цг/л, почти в 10 раз больше ПДК (таблица 2).

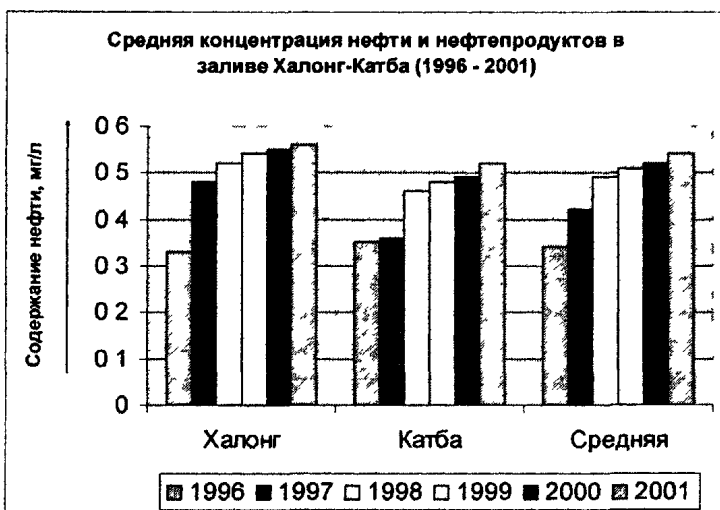


Рисунок 2 – Средняя концентрация нефти и нефтепродуктов в заливе Халонг-Катба в период с 1996 по 2001 гг.

Таблица 2 – Средняя концентрация тяжелых металлов в заливе Халонг-Катба в 1998 – 2001 гг.

Тяжелые металлы	Средняя концентрация тяжелых металлов в разные годы						
	Морская вода, $\mu\text{г/л}$				Донные осадки, $\mu\text{г/г}$	Стандарт	
	1998	1999	2000	2001	2001	$\mu\text{г/л}$	$\mu\text{г/г}$
Медь	6.10	5.36	7.38	8.71	11.69	10.0	18.70
Кадмий	0.22	0.18	0.21	0.22	1.17	5.0	0.67
Свинец	2.60	2.43	2.61	2.51	25.99	50.0	30.00
Цинк	10.7	20.58	38.78	106.2	58.20	10.0	113.80
Ртуть	0.26	0.25	0.26	0.27	0.17	5.0	0.13
Железо	20.0	28.50	27.55	29.60	28.00	100.0	–
Мышьяк	2.40	2.14	1.93	1.81	1.05	10.0	7.24
Никель	3.10	2.85	3.05	2.95	3.40	13.4	–
Хром	1.85	1.76	1.98	2.15	2.00	50.0	–
Марганец	23.0	22.30	24.53	25.10	26.00	100.0	–

В организмах моллюсков концентрация ртути, меди, свинца и цинка достигает высокого уровня и превышает ПДК. Концентрация ртути достигала 0.46 мкг/г (сухого веса) (ПДК ≤ 0.4 мкг/г); концентрация меди варьировала в интервале от 6.88 до 45.25 мкг/г (ПДК ≤ 10.0 мкг/г); концентрация свинца колебалась в интервале от 4.94 до 17.50 мкг/г (ПДК ≤ 2.0 мкг/г), а концентрация цинка достигала высокого уровня, от 62.74 до 189.38 мкг/г (ПДК ≤ 50.0 мкг/г) (таблица 3, рисунок 3).

Таблица 3 – Аккумуляция тяжелых металлов в организмах некоторых донных животных залива (2001 г.)

В микрограммах на грамм сухого веса

Тяжелые металлы	Средняя концентрация тяжелых металлов					Стандарт
	Отложения	Дозиния	Вене-рида	Мизи-да	Устрица	
Медь	11.69	35.86	11.62	45.25	6.88	10.0
Свинец	25.99	13.35	13.38	17.50	4.94	2.0
Цинк	58.20	62.74	189.38	163.25	101.50	50.0
Ртуть	0.17	0.32	0.46	0.28	0.27	0.4
Мышьяк	1.05	1.57	1.52	1.56	1.18	10.0
Кадмий	1.17	2.67	1.75	2.45	10.30	100.0

В период с 1997 по 2001 гг. повышение массы необработанных стоков, сильное развитие угольного производства и чрезмерное употребление химических удобрений в сельском хозяйстве приводит к большому поступлению в залив органических веществ. Концентрация нитридных и нитратных солей повышается в 1.5-2 раза (нитридные соли - от 8.81 до 14.81 мкг/л, а нитратные - от 46.30 до 64.75 мкг/л), и превышает ПДК (10.0 и 28.0 мкг/л). Средняя концентрация фосфатных и кремниевых солей также увеличивается в значительном количестве за это время. Интенсивное поступление органических веществ в воду вызывает активную деятельность аэробных микроорганизмов, в результате концентрация растворенного кислорода снижается от 6.59 до 5.96 мг/л, но еще находится в пределах нормы (таблица 4, рисунок 4).



Рисунок 3 – Аккумуляция тяжелых металлов в донных осадках и организмах макробентоса (2001 г.)

Таблица 4 – Концентрация органических веществ в воде залива Халонг-Катба за период с 1997 по 2001 гг.

Органические вещества	Концентрация O ₂ и органических веществ					Стандарт
	1997	1998	1999	2000	2001	
O ₂ (мг/л)	6.59	6.25	6.03	5.85	5.96	5.0
PO ₄ ⁻³ (мг/л)	17.75	22.44	22.52	26.42	32.60	100.0
SiO ₄ ⁻³ (мг/л)	957.00	1875.00	1876.00	1870.00	1880.00	–
NO ₂ ⁻ (мг/л)	8.81	11.50	14.16	13.63	14.81	10.0
NO ₃ ⁻ (мг/л)	46.30	59.02	60.03	60.65	64.75	28.0
NH ₃ (мг/л)	42.72	44.18	43.50	95.25	98.36	500.0
TSS (мг/л)	47.65	73.68	61.40	66.88	70.92	50.0

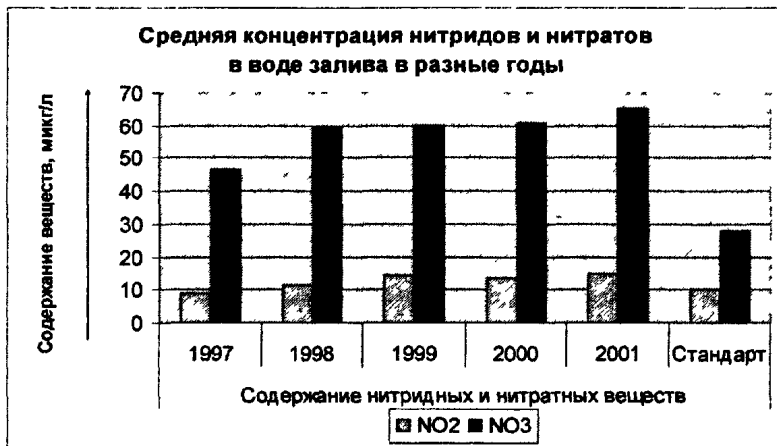


Рисунок 4 – Средняя концентрация NO_2^- и NO_3^- в воде в 1997 – 2001 гг.

Состояние фитопланктона в заливе

Было обнаружено 189 видов, 46 родов, принадлежащих к 3 отделам водорослей. Отдел диатомовых (*Bacillariophyta*) имеет 168 видов, перидиниевых (*Pyrrophyta*) - 19 видов, а синезеленых (*Cyanophyta*) - 2 вида. Численность и биомасса водорослей сильно изменяется в зависимости от сезонов. В зимнее время биомасса водорослей является наибольшей (1235 — 1536 мг/м³), в два раза больше их биомассы в весеннее время (621 мг/м³), полтора раза — в лето и осень (908 и 790 мг/м³).

По результатам нашего исследования, степень биоразнообразия и развития фитопланктона залива Халонг-Катба являются относительно высокой. По сравнению с другими районами, фитопланктон залива Халонг-Катба по показателям биоразнообразия и развития уступает только фитопланктону в заливе Ня Чанг. Температура и соленость воды залива благоприятствуют их развитию. Процесс загрязнения воды не вызывает заметного изменения в развитии фитопланктона. Все виды фитопланктона имеют тропический и субтропический характер, смешанный со многими видами других районов. Развитие водорослей зависит только от гидрометрического режима и климатических условий.

В зимнее время наблюдается более бурное развитие водорослей, чем в другое время. Это объясняется тем, что залив Халонг-Катба находится близко к берегу и окружается большим количеством островов. Вода залива в

зимнее время медленным темпом сообщается с морской водой из-за отсутствия сильных природных факторов и в низкой скорости течения. В зимнее время концентрация попадающих органических веществ максимальная благодаря стабильному состоянию воды. Таким образом, высшая концентрация органических веществ благоприятствует бурному развитию водорослей, повышению их видового состава и биомассы.

Схема 1 - Воздействие факторов среды на фитопланктон



Процесс загрязнения воды еще не оказывает на них значительного влияния, но повышение содержания нефти и нефтепродуктов, тяжелых металлов, органических веществ оказывает сильное действие на донные водоросли. Наблюдается процесс ингибирования фотосинтеза у симбиозных с кораллами водорослей под действием токсических веществ, содержащихся в донных осадках (схема 1).

Состояние бентоса в заливе

Заливе Халонг-Катба имеет сложное разнообразное дно с основными типами: 1) песчано-илистое дно; 2) каменное дно; 3) дно коралловых рифов. Оценка состояния бентоса производилась на этих типах дна. Было выявлено 471 вид макробентоса. Группа кольчатых червей - полихеты (*Polychaeta*) и черви (*Sipunculoidea*) имеет 88 видов и занимает 18.7 %, группа моллюсков (*Mollusca*) и панцирных моллюсков (*Polyplacophord*) - 250 видов и 53.1 %, группа ракообразных (*Crustacea*) - 115 видов и 24.4 %, а группа иглокожих (*Echinodermata*) - 18 видов и 3.8 % (рисунок 5).

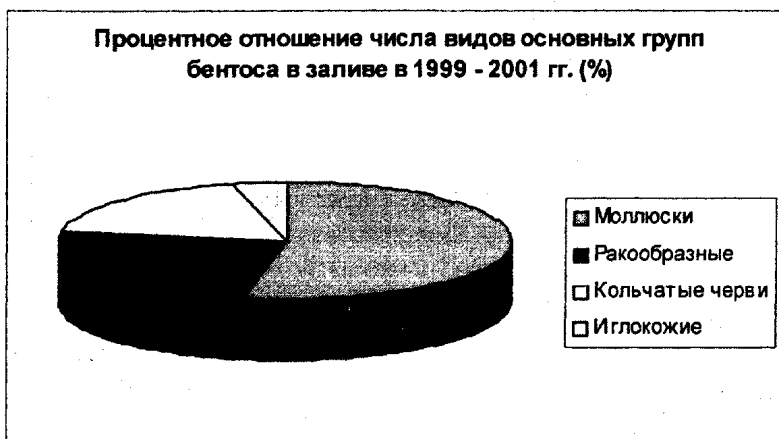


Рисунок 5 - Процентное отношение числа видов основных групп бентоса в заливе Халонг-Катба в 1999 - 2001 гг.

На каменном дне обнаружили только две группы - моллюски и ракообразные, средняя численность и биомасса которых составляет 199.6 экз./м² и 261.8 г/м². На песчано-илистом дне обнаружили три группы (кольчатые черви, ракообразные и моллюски), средняя численность и биомасса которых

достигает 255.6 экз./м³ и 182.2 г/м². На дне коралловых рифов присутствовали все представители макробентоса, средняя численность и биомасса которых насчитывает 1136 экз./м² и 430.1 г/м².

Сопоставление плотности и биомассы всех групп животных показывает, что на дне коралловых рифов их количество является наибольшим (1150.3 экз./м³ и 430.1 г/м³), а на двух остальных днах - численность и биомасса животных была намного меньше. Плотность и биомасса бентоса почти не изменяется от климатических факторов. Уровень биоразнообразия бентоса в заливе является относительно высоким, но некоторые виды сильно подвержены действию загрязняющих веществ, оседающих на дно. Была отмечена значительная аккумуляция тяжелых металлов в организмах бентосных животных (схема 2).

Схема 2 - Воздействие факторов среды на бентос



Состояние коралловых рифов в заливе

Коралловые рифы являются самым продуктивным биотопом в заливе Халонг-Катба. Было обнаружено 154 вида кораллов склерактинии (*Scleractinia*).

Результаты исследования, полученные до и после 1998 г., показывают, что число коралловых колоний и степень покрытия дна кораллами резко уменьшается. Количество хорошо развитых коралловых рифов уменьшилось от 40 до 13.2 %, а количество мало развитых рифов - увеличилось от 20 на 46.7 % (таблицы 5, рисунок 6).

Из полученных данных можно сделать вывод, что в заливе Халонг-Катба, 1998-й год является переломным годом в развитии коралловых рифов. Большинство коралловых рифов было повреждено, некоторые рифы вымерли, остальные деградировали и не могли восстановиться.

Причины деградации и вымирания коралловых рифов предположительно объясняется действием различных факторов, таких, как глобальное потепление климата, значительное увеличение рекреационной нагрузки и сбор кораллов на сувениры, хищническое использование кораллов туристами-ныряльщиками и местным населением (с целью продажи на сувениры и также для получения строительной извести). Чрезвычайно негативную роль сыграл также лов рыбы с применением взрывчатых веществ.

Таблица 5 - Изменение степени покрытия коралловых рифов

Степень развития кораллов	Степень покрытия дна кораллами (%)					
	Период до 1998 года			Период с 1999 по 2001 гг.		
	Число рифов	Степень покрытия	Отношение (%)	Число рифов	Степень покрытия	Отношение (%)
Малоразвит. рифы	3	22.0 – 24.6	20	7	6.1 – 23.6	46.7
Среднеразвит. рифы	6	38.6 – 48.0	40	6	30.7 – 42.4	40
Хорошоразвит. рифы	6	58 – 86.3	40	2	52.2 – 77.1	13.2
Общее число	15	22 – 86.3	100	15	6.1 – 77.1	100

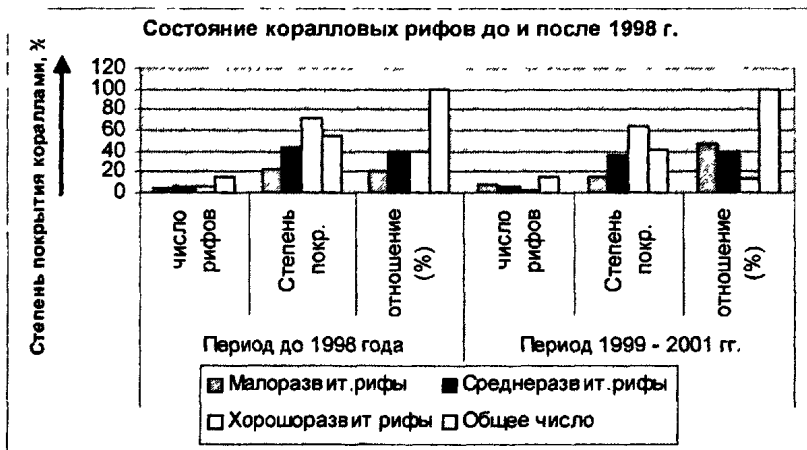


Рисунок 6 - Изменения состояния коралловых рифов до и после 1998 г.

Кроме того, в последние годы в заливе наблюдается усиленный процесс загрязнения среды различными веществами из промышленных, сельскохозяйственных и бытовых источников. Отбросы, водные стоки, нефтепродукты, инсектициды и др. из угольных, сельскохозяйственных и бытовых производственных районов оказывали сильное токсическое воздействие на среду залива, что приводит к большому влиянию на целую экосистему всего залива, в том числе и на кораллы. Как видим, все перечисленные факторы внесли несомненный, весьма значительный вклад в процесс разрушения коралловых рифов, особенно рифов, лежащих близко к берегу и источнику загрязнения.

Во время исследований нами было еще установлено, что в мористых коралловых рифах, где не наблюдалось сильного действия человека и процесса быстрого заиления, морская вода была относительно прозрачной, кораллы также в большей или меньшей степени вымирали и весьма медленно восстанавливались.

Не вызывает сомнений, что кораллы являются очень чувствительными к действию внешних факторов, и в том, что они тесно связываются в симбиозе с водорослями, которые развиваются за счет фотосинтеза органических веществ. В процессе загрязнения среды химические вещества, которые накапливаются в толще воды и быстро оседают на дно, сильно ингибируют фотосинтез водорослей и усиливают эффект угнетения коралловых рифов. Причем, захватывая почти всю поверхность дна, токсические загрязнители не

дают возможность коралловым личинкам найти субстрат для своего прикрепления, тем самым затрудняют процесс восстановления рифа.

Анализ донных отложений биотестированием

При биотестировании водорослей с суспензиями донных отложений (СДР) выявили, что коэффициент подавления фотосинтетической активности ($K_{\text{ФА}}$) водорослей имел определенное отклонение (5) и варьировал в пределах от 0 до 9 %. С учетом этого значимыми действиями считали величины КФА, превышающие $28 (9 \% \times 2 = 18 \%)$.

Результаты анализа проб донных отложений (ДО) залива показывают, что при первых часах ДО не оказывали значимого влияния на водорослей, но с продолжением времени экспозиции они значительно воздействовали на их процесс фотосинтеза. Коэффициент подавления фотосинтетической активности (ФА) водорослей варьирует от 18 до 32 %. Наибольшее токсическое воздействие оказывают пробы станции реки Чой (32 %) (таблица 6, рисунок 7).

Таблица 6 - Изменение параметров флуоресценции водорослей (F_0 , F_m , F_v/F_m) и коэффициента подавления $K_{\text{ФА}}$ по отношению к контролю

Название станции	Экспозиция через 1 ч.			Экспозиция через 24 ч.			Экспозиция через 72 ч.			$K_{\text{ФА}}$ % ингибирования на ФА		
	F_0	F_m	F_v/F_m	F_0	F_m	F_v/F_m	F_0	F_m	F_v/F_m	1 ч.	24 ч.	72 ч.
контр.	164	293	0,44	153	284	0,46	144	272	0,47	–	–	–
Д 1 р. Чой	118	195	0,39	199	311	0,36	169	247	0,32	11	23	32
Д 2 Конг До	84	132	0,36	71	124	0,42	71	108	0,34	17	10	28
Д 3 Вунг Ха	190	317	0,40	179	305	0,41	195	311	0,38	10	12	20
Д 4 Тунг Хой	93	165	0,44	181	282	0,36	152	245	0,38	0	23	20
Д 5 Ван Ха	148	238	0,38	122	186	0,34	108	168	0,36	13	27	25
Д 6 Бо Хон	135	218	0,38	179	295	0,39	71	108	0,34	14	17	28

Большинство величин $K_{\text{ФА}}$ превышало 18 % и наблюдается процесс повышения в продолжении экспозиции. С учетом этого можно судить, что в грунтах дна залива присутствуют токсические вещества (ТВ). В длительное время эти токсические вещества вполне могут блокировать процесс синтеза органических веществ у водорослей и этим самым вызывают гибель водорослевых организмов, которые являются важнейшим симбионтом кораллов и других донных животных.

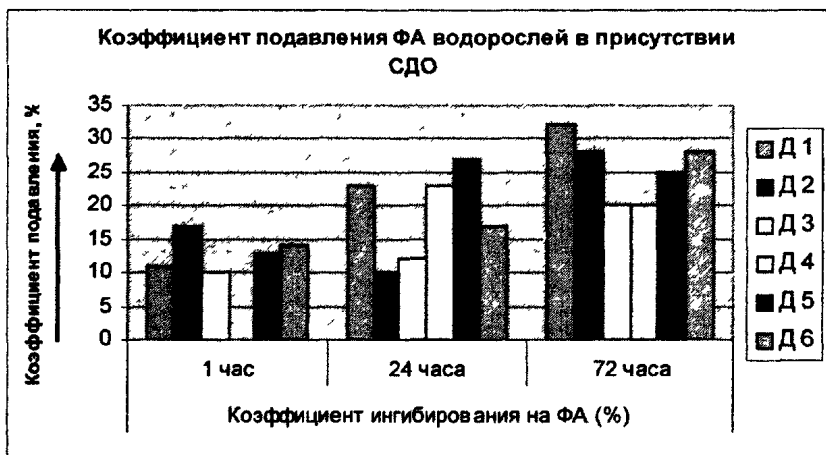


Рисунок 7 - Средний коэффициент подавления фотосинтетической активности (ФА) водорослей в присутствии СДО

Сопоставление степени ингибирования ФА показывает, что большинство величин $K_{\text{ФА}}$ превышает 18% и их повышение наблюдается в продолжении экспозиции. Из этого результата можно судить, что в фунтах залива присутствуют токсические вещества (ТВ). В длительное время эти токсические вещества вполне могут блокировать процесс синтеза органических веществ у водорослей и вызывать гибель этих важнейших симбионтов кораллов и других донных животных.

Результаты экспериментальных опытов при биотестировании проб ДО с тест-бактериями показывают, что почти все пробы донных осадков залива оказывали высокое действие на бактерии. Степень токсичности достигала предела от 34 до 68 при разведении СДО по отношению 1:5 и 1:10 и при всех

экспозициях от «сразу» до двух суток экспедиции. Высокое действие оказывали пробы донных осадков из реки и на станциях, близких к берегу залива (таблица 7, рисунок 8).

Между концентрациями грунта (180 мг/мл в разведении 1:5 и 90 мг/мл в разведении 1:10) не обнаружили существенного отличия. Пробы обоих разведений у большинства проб ДО одинаково воздействовали на тестируемые бактерии. По сравнению с опытами, проводимыми с невысушенными грунтами другими авторами, в нашей работе высушенные грунты дают идентичные результаты, причем, токсическое свойство ДО почти не изменяется в зависимости от времени экспозиции. Исходя из этих результатов возможно сделать вывод, что для экспрессной оценки токсичности ДО можно использовать сырые грунты на месте исследования без длительного времени экспозиции.

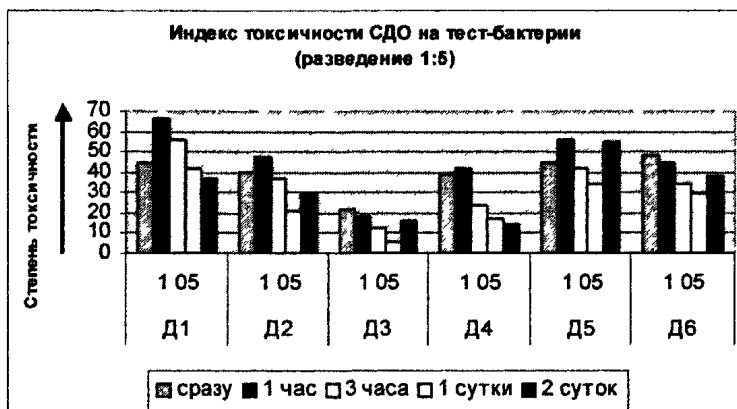
Таблица 7 - Средний индекс токсичности ДО на тест-бактерии

Название станции	Разведение	Время экспозиции									
		сразу		1 час		3 часа		1 сутки		2 суток	
		х	δ	х	δ	х	δ	х	δ	х	δ
Д1 Рек.Чой	1:5	44	± 8	66	± 12	56	± 6	42	± 12	37	± 4
	1:10	40	± 9	38	± 8	60	± 2	68	± 3	50	± 8
Д2 Конг До	1:5	40	± 9	47	± 8	37	± 2	21	± 3	29	± 8
	1:10	35	± 9	33	± 5	29	± 4	39	± 8	47	± 11
Д3 Вунг Ха	1:5	22	± 4	18	± 6	12	± 4	6	± 6	16	± 12
	1:10	14	± 4	14	± 7	20	± 6	17	± 3	8	± 8
Д4 ТунгХой	1:5	39	± 2	42	± 12	24	± 3	17	± 4	14	± 4
	1:10	44	± 6	28	± 6	26	± 11	25	± 8	18	± 4
Д5 Ван Ха	1:5	44	± 8	56	± 9	42	± 7	34	± 6	55	± 11
	1:10	52	± 9	62	± 8	29	± 8	8	± 10	62	± 8
Д6 БоХон	1:5	48	± 8	44	± 5	34	± 4	29	± 6	38	± 6
	1:10	46	± 8	40	± 10	56	± 10	23	± 4	29	± 10

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в СДО присутствуют ТВ, оказывающие выраженное токсическое действие на водоросли и бактерии. В отличие от водорослей, реагирующих различно на воздействие ТВ,

гетеротрофные бактерии в более сильной степени подвергаются токсическому воздействию. Также отмечено, что ДО в реке и у берега оказывают более высокое токсическое действие, чем в местах, лежащих далеко от берега залива. Это еще подтверждает предположение о том, что ТВ в заливе находятся в мозаичном распределении, больше собираются в реке и по течению попадают в залив (рисунок 9).

а)



б)

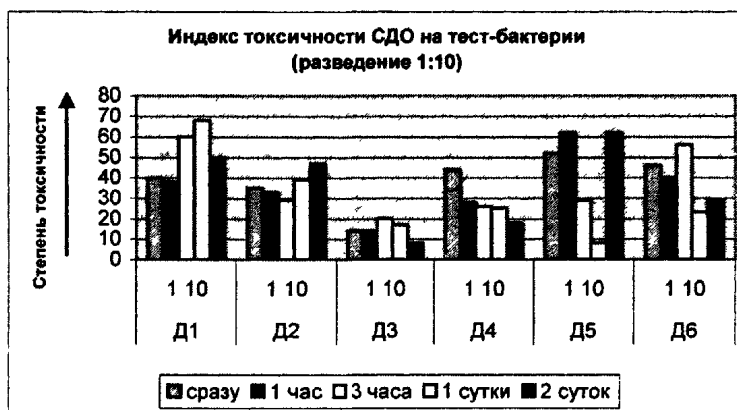
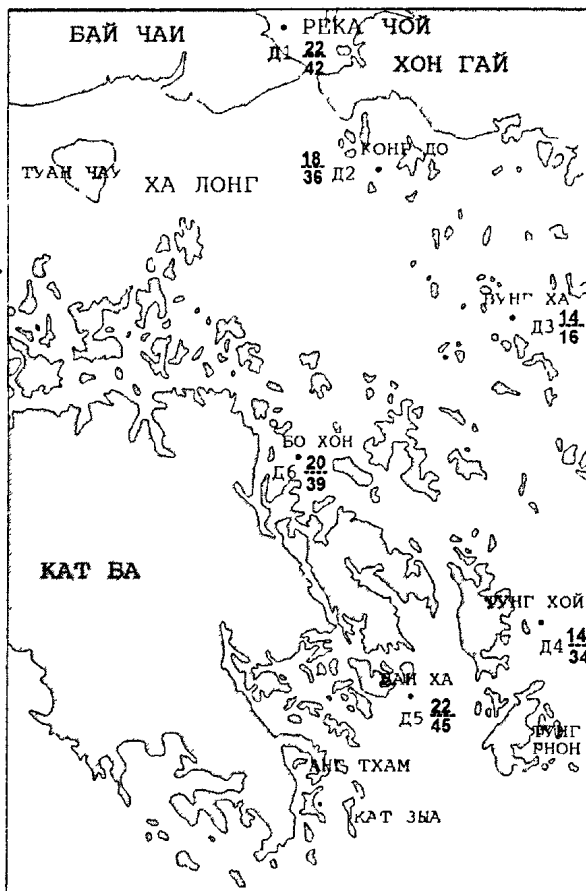


Рисунок 8 - Средняя величина индекса токсичности СДО на тест-бактерии по интенсивности биолуминесценции



а – средняя величина $K_{ФА}$ (ингибирование ФА водорослей)

б – средняя величина индекса токсичности ДО (на бактерии)

Рисунок 9 - Карта распределения параметров $K_{ФА}$ и индекса токсичности ДО в заливе Халонг - Катба (2002 - 2003)

На рисунке 9 видно, что в заливе Халонг-Катба процесс отложения токсических веществ происходит на всех участках дна. Величина $K_{ФА}$ на станциях Д1, Д2, Д5, Д6 достигает предела от 18 до 22 (значимое действие), а индекс

токсичности ДО почти на всех станциях (5/6) находится в интервале от 34 до 45 (токсичность). Процесс отложения загрязняющих веществ на дно приводит к тому, что в большей части залива донные осадки токсичны. Токсические вещества в донных осадках, по результатам нашего исследования, сильно действуют на микроводоросли, подавляя их фотосинтез, и бактерии, ингибируя их метаболизм.

Как известно, в трофических цепях и сетях водных сообществ микроводоросли теснейшей связью симбиозируют с кораллами, а бактерии, составляя часть коралловых сообществ, играют роль поставщиков питательных веществ кораллам. Наряду со значительным оседанием загрязняющих веществ на поверхность коралловых рифов, гибель этих организмов может приводить к гибели и деградации коралловых рифов (схема 3).

Схема 3 – Воздействие факторов среды на коралловые рифы



В заключении предоставляются основные выводы и рекомендации.

Основные выводы и результаты заключаются в следующем:

1) В последние годы физико-химические показатели водной среды (температура, соленость, растворенный кислород и органические вещества) залива Халонг-Катба являются оптимальными для развития фитопланктона и бентоса.

2) Процесс загрязнения среды различными веществами интенсифицируется. Концентрация нефти и нефтепродуктов, тяжелых металлов, нитридных и нитратных солей уже превышает предельно допустимые концентрации. Загрязняющие вещества содержатся не только в воде, большая их часть оседает на дно и аккумулируется в донных осадках и в организмах бентосных животных.

3) Сообщества фитопланктона и бентоса в заливе являются обильными и разнообразными. Их высокая степень биоразнообразия выражается большим числом видов, значительной численностью и биомассой и зависит в основном только от изменений климатических условий и географических структур дна залива. Наивысшая численность и биомасса фитопланктона наблюдается в зимнее время, а наивысшая численность и биомасса бентоса - на коралловых рифах.

4) В результате интенсивного оседания загрязняющих веществ на дно залива, донные водоросли подвергаются значительному действию токсических веществ, а бентосные моллюски - накоплению в их организмах. Сильному действию загрязняющих веществ подвергаются коралловые рифы, вследствие чего наблюдается интенсивный процесс их деградации и вымирания.

5) Процесс отложения загрязняющих веществ на дно приводит к тому, что в большей части залива донные осадки являются токсичными и сильно токсичными. Токсические вещества в донных отложениях сильно действуют на микроводоросли и бактерии - симбиозные организмы с кораллами в сообществе коралловых рифов. Интенсивное оседание загрязняющих веществ на поверхность коралловых рифов и гибель симбиозных с кораллами организмов, предположительно, являются причиной деградации и вымирания не только близлежащих к берегу коралловых рифов, но и рифов в мористой части залива.

Практические рекомендации

В настоящее время охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в прибрежной зоне моря стали актуальной, долгосрочной проблемой не только для залива Халонг-Катба, но и в целом для Вьетнама. Для того, чтобы восстановить такой огромный природный запас и

сохранить уникальную ландшафтно-географическую красоту этого района, необходимо участие всех общественных и научных организаций. По результатам проведенного исследования мы предлагаем следующие рекомендации:

1) Необходимо организовать планомерное строительство производственных и населенных районов в прибрежной зоне залива и срочное создание системы обработки отходов;

2) Необходимо организовать экологическое просвещение населения и принять меры для охраны среды и природных ресурсов, решения вопросов их рационального использования;

3) Необходимо укреплять управленческие организации контроля качества среды залива, включая снабжение специалистами и оборудованием, необходимыми для полного контроля района, длительного мониторинга качества среды и своевременного решения возникающих проблем с принятием практических мер;

4) При проведении научных исследований ученые, специалисты в области естественных наук должны уметь сочетать научные работы с пониманием процессов, протекающих в обществе. Для того, чтобы ускорить развитие экономики, повышать уровень жизни народа, но еще и эффективно сохранить среду и развивать запас биоресурсов, необходимо понимать и решать возникающие трудности и проблемы противостояния между человеком и природой.

В приложении предоставляется видовой состав основных групп животных и водорослей в заливе.

Благодарности

Работа, результаты которой представлены в диссертации, проводилась с помощью коллег Российско-Вьетнамского тропического центра (Вьетнам), Экоцентра и Биологического факультета МГУ (Россия). Я выражаю всем коллегам искреннюю признательность и благодарность за поддержку в процессе работы над диссертацией на протяжении многих лет. Завершающий этап работы, осмысливание материалов и написание текста диссертации проведены в Российском государственном гидрометеорологическом университете. Автор выражает сердечную признательность и благодарность научному руководителю М. Б. Шилину, коллективам кафедр Прикладной экологии и Промысловой океанологии и охраны природных вод РГТМУ.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1 Tran Van Thinh, Nguyen Dang Hoi, Vu Van Lien. Tac dong tieu cue cua con nguoi len tai nguyn moi truong tu nhien Troi, tinh Quang Ninh = Влияние антропогенных воздействий на среду и биоресурсов района Чой, провинции

Куанг Нинь // Tuуen tap hoi nghi KH ve tai nguyen va moi truong (12 - 2000).
Во КНСН ва moi truong. - Ha noi: nxb. Khoa hoc va ky thuat, 2001. - Tr. 173 -
183.

2 Чан Ван Тхинь, Смуров А. В. Смурова Т. Г. Опыт использования биолюминесцентных методов для интегральной экспрессной оценки качества среды в заливе Нячанг (Южный Вьетнам) и в заливе Халонг (Северный Вьетнам) // Сборник материалов международной научно-практической конференции "Человечество и окружающая среда". Москва: Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова, 2004. - С. 62 - 63.

3 Smurov A. V., Iliash L. V, Tran Van Thinh, Matorin D. N., Kluev N. A., Kotelevtsev S. V., Pavlov D. S., Roumak V. S., Smurova T. G. Ecodiagnostics of Environmentals Quality on an exemple of ground communities of Nha Trang Bay (the South-Chinese Sea) // In book " Environment and human health". The complete Works of International Ecologic forum. June 29 - July 2, 2003. - Saint-Peterburg, Russia: Editer in chief G. A. Sofronov. SPb: Spec. Lit., 2003. - P. 684 -686.



АВТОРЕФЕРАТ

Чан Ван Тхинь

ЛР № 065394 от 08.09.97

Подписано в печать 03.11.2004. Формат 60 90 1/16
Ул. печ. л. 1.2. Тираж 100 экз. Заказ №

Отпечатано в ООО «АкадемПринт».
С-Пб. ул. Миллионная, 19 Тел.: 315-11-41.

№24008