

На правах рукописи

ЗЕНИНА Мария Александровна

ОСТРАКОДЫ КАК ИНДИКАТОРЫ СОСТОЯНИЯ И ДИНАМИКИ
ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

(на примере северной части Амурского залива и акватории порта Владивосток)

03.00.18 – гидробиология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Владивосток - 2009

Работа выполнена в Лаборатории экологии бентоса
Института биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН

Научный руководитель доктор биологических наук,
старший научный сотрудник
Шорников Евгений Иванович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
профессор
Чавтур Владимир Григорьевич

кандидат биологических наук
Будникова Людмила Леонидовна


Ведущая организация Зоологический институт РАН

Защита состоится 25 декабря 2009 г. в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 005.008.02 при Институте биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17, факс (4232) 310900. Электронный адрес: inmarbio@mail.primorye.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН

Автореферат разослан “24” ноября 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат биологических наук

 Костина Е.Е.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Остракоды - обширный (около 70 000 видов) класс микроскопических ракообразных, тело которых заключено в двустворчатую известковую раковину. Они прекрасно сохраняются в ископаемом состоянии (известны, начиная с кембрия), а ныне населяют все возможные водные биотопы, от океанической ультраабиссали до подземных вод и влажных наземных местообитаний (даже на деревьях), образуя в каждом из них специфические комплексы видов. Традиционно остракоды широко используются в геологии в качестве руководящих ископаемых, преимущественно при поисках нефти и газа, поскольку зарекомендовали себя как прекрасные индикаторы в био- и экостратиграфии, палеоэкологии, палеобатиметрии, палеоокеанологии, палеогеографии, палеоклиматологии и др. (Ostracoda in the earth sciences, 1988; Ostracoda and global events, 1990). Современные остракоды изучены значительно хуже ископаемых. Успешному прикладному их использованию препятствует слабая изученность. В связи с острейшим дефицитом квалифицированных специалистов по современным остракодам, в подавляющем большинстве гидробиологических и экологических публикаций остракоды определены только до класса.

Между тем, исследования последних лет показали, что остракоды - едва ли не самая замечательная группа организмов-индикаторов, которая может быть использована для мониторинга состояния и динамики водных экосистем (Шорников, 1996, 2004; Schornikov, 2000; Bodergat et al., 1998; Ruiz et al., 2005 Yasuhara, 2003, 2007 и др.). От других представителей мейобентоса, имеющих раковину (например, фораминифер) остракоды выгодно отличаются тем, что они разнообразны не только в морских и солоноватых, но и в пресных водах. В качестве биоиндикаторов остракоды особенно хороши тем, что после гибели их раковины остаются в грунте и по ним можно реконструировать облик изначально существовавших сообществ в загрязненных акваториях. На основе сопоставления танатоценозов и биоценозов в загрязненных и более чистых акваториях, можно определить степень деструкции изначальных комплексов под влиянием антропогенного воздействия. Кроме того, доминирующие в море остракоды подотряда Cytheroscorina не способны плавать. Поэтому они медленнее, чем многие другие организмы, повторно заселяют участки, периодически подвергающиеся стрессовому загрязнению. Донные же остракоды подкласса Myodocora – прекрасные пловцы, и они быстро вселяются в районы, даже временно оказавшиеся

чистыми. Загрязнение приводит к сокращению видового богатства, изменениям в структуре сообществ и, в конечном счете, к полному вымиранию этих животных. В условиях сильного загрязнения остракоды не живут. В последнее время остракодовый анализ все более активно применяется для оценки состояния водных экосистем. Однако исследования в этом направлении только начинаются и необходимы серьезные усилия в деле совершенствования принципов и методов остракодового анализа для более успешного его использования.

Цель и задачи исследования. Цель работы – создать базу для более успешного использования остракодового анализа при диагностике и мониторинге состояния водных экосистем в результате изучения состава и распределения остракод северной части Амурского залива и акватории порта Владивосток в зависимости от природных и антропогенных факторов, также инвентаризации их фауны в районах стандартных трансект для долговременного мониторинга биоразнообразия в рамках программы DIVPA (Diversitas in Western Pacific and Asia), в Амурском зал. у ИБМ и в зал. Восток у МБС «Восток». В задачи входило:

1. Определить видовой состав остракод исследуемых районов.
2. Изучить особенности распределения остракод в зависимости от параметров среды (температуры, солености, характера биотопов, глубины).
3. Оценить влияние загрязнения на фауну остракод в районах с разной степенью антропогенного воздействия.
4. Выявить диапазоны толерантности различных видов остракод к антропогенному воздействию.
5. Провести бонитировку изученных районов в связи с трансформациями комплексов остракод в зависимости от солености и их деструкции в зависимости от антропогенного воздействия.

Личное участие в получении научных результатов. Диссертантом собрано и обработано 177 качественных проб мейобентоса, остальные пробы, разной степени обработки, были предоставлены научным руководителем. По ним автором составлена коллекция и списки видов, проведена обработка данных и проанализированы результаты исследования. Все рисунки и СЭМ фотографии сделаны диссертантом. Автор принимал непосредственное участие в постановке цели и задач исследования, планировании работ, анализе результатов и формулировании выводов и обобщений. Иден-

тификация остракод проводилась под руководством научного руководителя д.б.н. Е.И. Шорникова.

Научная новизна. Впервые получены сведения о видовом составе остракод и особенностях их распределения на акватории Амурского залива, порта Владивосток и у северо-западного побережья зал. Восток в зависимости от природных и антропогенных факторов. Работа вносит серьезный вклад в совершенствование остракодового анализа и его использование при диагностике и мониторинге состояния водных экосистем не только в зал. Петра Великого, но и в других районах. Значительная часть обнаруженных видов - новые для науки, сведения об их распространении и экологии приводятся впервые.

Практическая значимость. Полученные данные являются реальной базой для диагностики состояния и мониторинга экологической обстановки не только в зал. Петра Великого, но и в сопредельных районах. Выявленные комплексы остракод могут служить эталонами при последующих экологических исследованиях. Кроме того, полученные результаты имеют серьезное значение для палеоэкологических интерпретаций четвертичных отложений Японского моря и изучения палеоклиматических флюктуаций.

Апробация работы. Результаты исследований были доложены на:

1. VI региональной конференции по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии, 20-22 ноября 2003 г., г. Владивосток;
2. 4th International Symposium of the Kanazawa University 21st-Century COE Program, 8-11 March, 2006. Kanazawa, Japan;
3. Workshop «Global change in Northeast Asia: climate variability, land-ocean interactions, coastal zone management», May 24-26, 2006, Vladivostok;
4. Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий», 26-28 октября 2006, Владивосток;
5. European Ostracodologists' Meeting VI (EOM VI), 19th International Senckenberg Conference, 5–7 September 2007, Frankfurt-am-Main, Germany;
6. Workshop «Marine biodiversity and bio-resources of the North-Eastern Asia», 21-22th October 2008; Marine and Environmental Research Institute, Cheju National University, Jeju, Korea;
7. X Съезде Гидробиологического общества при РАН, 28 сентября – 2 октября 2009 г., на ежегодных научных конференциях ИБМ в 2006-2009 гг., а также на совместном эколого-гидробиологическом семинаре ИБМ, 15 мая 2009 г.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 научных работ (в том числе 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 3 статьи в других изданиях, 8 публикаций в материалах конференций).

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 174 страницах и состоит из введения, 8 глав, заключения, выводов, списка литературы (186 источников, из них 91 иностранных) и трех приложений. Работа включает 11 таблиц и 23 рисунка.

Благодарности. Особую благодарность автор выражает своему научному руководителю д.б.н. Е.И. Шорникову за руководство, поддержку и помощь при работе над диссертацией. Автор искренне признателен сотрудникам ИБМ ДВО РАН: А.В. Мощенко, К. А. Лутаенко, за ценные замечания, сотрудникам водолазной группы, Д.А. Некрасову и сотруднику ТИГ ДВО РАН Б.В. Преображенскому за помощь в сборе материала, а также многим другим коллегам, оказывавшим различную помощь в работе.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

По литературным данным приведена физико-географическая характеристика и описаны гидрологические и гидрохимические особенности Амурского залива.

ГЛАВА 2. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ОСТРАКОД В КАЧЕСТВЕ ИНДИКАТОРНЫХ ОРГАНИЗМОВ

Проанализирована имеющаяся литература по данной проблематике, которая в основном посвящена описанию фактов губительного влияния загрязнения на фауну остракод в различных районах мира. Декларируется, что остракоды перспективны для использования в качестве индикаторов в экологических исследованиях.

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа основана на обработке 304 качественных проб мейобентоса, 4 грунтовых колонок и 4 кернов скважин из четырех районов: I - эстуарий р. Раздольная; II - северо-восточное побережье Амурского залива (6 полигонов, от п-ова Де-Фриза до м. Токаревского); III - акватория порта Владивосток; IV - северо-западное побережье зал. Восток (табл.). Для сбора и первичной обработки проб использовали в основном небольшую (36 см шириной) дражку с мешком из нейлонового сита (ячейя 0,15X0,15 мм) и вставляющимся в нее ситом (ячейя 1,5X1,5 мм). Реже пользовались другими гид-

робиологическими инструментами. Многие пробы с глубины 1,5-10 м собраны водозлазным способом. При разборке проб с большим количеством остракод использовали делители. Кроме обычной световой оптики активно пользовались СЭМ. Поскольку пробы собирались в разных биотопах и различными методами, при количественном

Таблица

Характеристика собранного материала

Район сбора	Период сбора	Кол-во проб
Эстуарий р. Раздольная		
Пресноводные биотопы в бассейне нижнего течения р. Раздольная	9.04.1989–6.08.2006	10
Солоноватые воды дельты р. Раздольная, лагуны Тихая и Тавричанского лимана	8.06–14.10.2005	21
Северо-западная часть Амурского залива	31.05.1974, 23.11.1999, 7.06-21.09.2005	34
У северо-восточного побережья Амурского залива		
Район дюкера очистных сооружений у п-ова Де-Фриза (полигон 1)	16.07.2003, 8-17.06.2005	6
Район у здания Института биологии моря (ИБМ) (полигон 2)	1.03.1967 - 29.05.2007	99
Район Кировского стока (Полигон 3)	3.05.2006	2
Район Второй Речки (Полигон 4)	4.08.2006 - 30.05.2007	17
Район Первой речки (Полигон 5)	1.07.2004 - 4.09.2008	11
Акватория у м. Токаревского (Полигон 6)	19.09.1996, 4.09.2008	4
Дополнительные сборы у северо-восточного побережья Амурского залива	23.11.1999 - 2.07.2007	12
Акватория порта Владивосток		
Порт Владивосток	04-05.1992	46, 2К, 4С
Зал. Восток		
У МБС «Восток»	12.09.1970 - 11.08.2009	42, 2К
Всего		304, 4К и 4С

Примечание. К – грунтовые колонки; С - керны скважин.

анализе рассчитывали процентные соотношения живых экземпляров и створок каждого вида остракод, содержащихся в пробе. Это позволяет достаточно адекватно выделять и сопоставлять комплексы организмов независимо от объемов проб и методов их взятия.

ГЛАВА 4. ВИДОВОЙ СОСТАВ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И БИОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСТРАКОД ИЗУЧЕННЫХ РАЙОНОВ

В исследованных районах обнаружено 182 вида остракод из 65 родов, принадлежащих 2 подклассам, 2 отрядам, 5 подотрядам, 22 семействам и 20 подсемействам. Систематический список содержит 75 описанных и 107, приведенных в открытой номенклатуре, еще не описанных новых видов. Даны их экологическая и биогеографи-

ческая характеристики, указаны диапазоны глубин, придонной температуры и солености, при которых они встречаются живыми в зал. Петра Великого, а также приуроченность к биотопам. Среди них 21 пресноводный, 6 солоноватоводных и 155 морских видов; 37 фитобионтов, 23 литофила, 54 псаммобионта, 11 интерстициальных видов, 46 пелобионтов, 1 наземный вид, 2 комменсала, сверлящей древесины изоподы *Limnoria lignorum*, 7 относительно эвриэдафических видов и единственный вид из подкласса *Myodocora*, *Euphilomedes nipponicus* Hiruta, 1976, ведущий планктобентический образ жизни. По зонально-географической принадлежности среди солоноватоводных и морских остракод 97 (60,2 %) низкобореальных, 38 (23,6 %) субтропическо-низкобореальных, 24 (14,9 %) широкобореальных и 2 широкобореально-арктических вида, а среди пресноводных – 2 голарктических, 2 палеарктических и 17 восточно-палеарктических видов.

ГЛАВА 5 КОМПЛЕКСЫ ОСТРАКОД ЭСТУАРИЯ Р. РАЗДОЛЬНАЯ

В эстуарии крупнейшей в Приморье р. Раздольная, впадающей в северо-западную часть Амурского залива, обнаружено 58 (54 живыми) видов остракод, в том числе 21 пресноводный, 6 солоноватоводных и 31 вид морской вид. Солоноватоводный вид, *Sinocytheridea* sp., является реликтом глобального потепления климата. Во время среднеголоценового климатического оптимума, 5-6 тыс. лет назад, он был распространен значительно шире, а ныне обитает в отдельных наиболее прогреваемых участках (рефугиях) Амурского зал. и на литорали Желтого моря в Китае. В зависимости от их комплексов, обусловленных режимом солености вод, в эстуарии выделяются четыре зоны. Первые две зоны занимают речную его часть, а остальные две – морскую (рис. 1).

I. Пресноводная зона охватывает заведомо пресноводные (менее 0,5 ‰) местообитания в бассейне нижнего течения реки с 21 пресноводным видом.

II. Солоноватоводная зона, занимающая речную часть эстуария с олиго- и мезогалинными водами, от 1 ‰ в период максимального отлива до 12,79 ‰, заселена преимущественно солоноватоводными видами. По всей этой зоне распространены *Spinileberis pulchra* Chen, 1982 и *Sinocytheridea* sp. В зависимости от распространения других видов и солености ее можно подразделить на три подзоны - А, В и С.

IIА. Подзона с олигогалинными водами занимает верхнюю часть дельты р. Раздольная (3,19-3,69 ‰), устье р. Соколовка (4,1 ‰) и участок литорали у ее устья (1 ‰

во время отлива). Здесь обитают два эвригалинных вида пресноводного генезиса, *Fabaeformiscandona* sp. 2, *Physocypria kraepelini* Müller, 1903, и три солоноватоводных вида, *S. pulchra*, *Sinocytheridea* sp. и *Cytheromorpha claviformis* Hirschmann, 1909.

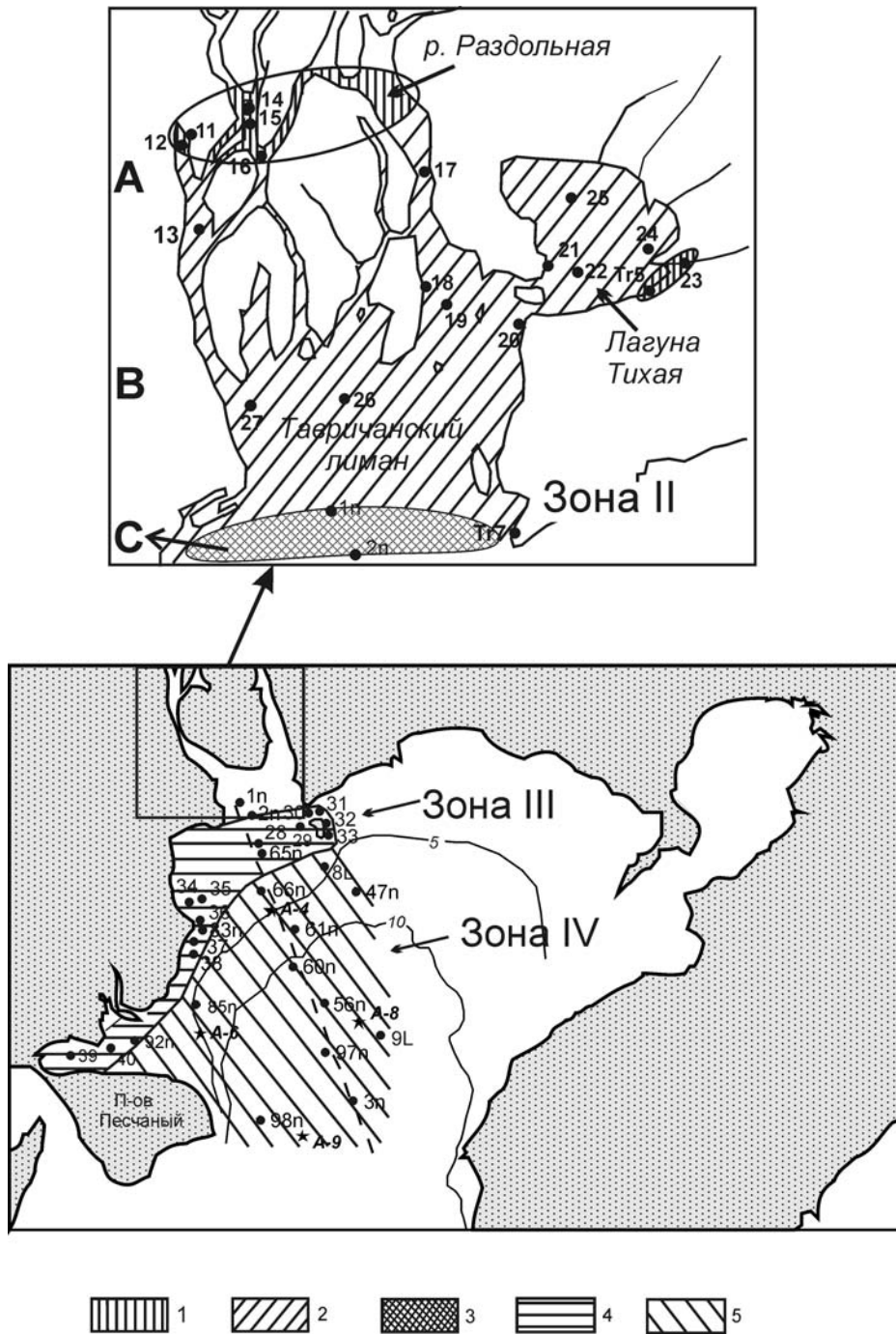


Рис. 1. Зоны распределения комплексов остракод в районе эстуария р. Раздольная: 1 – зона ПА, 2 – зона ПВ, 3 – зона ПС, 4 – зона III, 5 – зона IV.

Виды пресноводного генезиса проникают в α -олигогалинные воды с соленостью до 3,49 ‰, а при солености 3,19 ‰ составляют 59,26 % в пробе. Они встречены исключительно в прибрежных зарослях тростника совместно с *S. pulchra* и *C. claviformis*. В самих протоках обитают только солоноватоводные виды.

ПВ. Подзона с мезогалинными водами (4,1-12,79 ‰) занимает нижнюю часть речной дельты, Тавричанский лиман и лагуну Тихая. Заселена подзона исключительно солоноватоводными остракодами, где встречены пять видов этой группы, а *S. claviformis* обнаружен в виде створок. Кроме двух видов, распространенных в подзоне А, живыми обнаружены *Ishizakiella* cf. *miurensis* (Hanai, 1957), *Loxiconcha* sp. 3 и *Angulicytherura? miii* (Ishizaki, 1969).

ПС. Пограничная между речной и морской частями эстуария подзона, где наряду с четырьмя солоноватоводными видами встречены единичные живые экземпляры или створки четырех морских видов.

ПШ. Переходная зона, с мезо-полигалинными водами (до 25,5 ‰), занимает обширный наиболее опресняемый участок морской части эстуария, расположенный непосредственно перед Тавричанским лиманом и вдоль западного побережья залива. В ней изредка встречаются только два солоноватоводных вида, *A.? miii* и *Loxiconcha* sp. 3. Кроме них здесь встречено 29 (из них 24 живыми) эвригалинных морских видов, что почти на треть больше, чем в морской зоне IV. Совершенно очевидно, что это большое видовое богатство связано с разнообразием биотопов.

ПЧ. Морская зона с полигалинными и эугалинными (морскими) водами, от 23,9 до 34,61 ‰, простирается юго-восточнее зоны ПШ. Здесь встречено 16 видов, в том числе солоноватоводный *A.? miii*, одну раковину которого, по-видимому, вынесло течением из зоны ПШ. Основу ее фауны составляют 11 пелобионтов, которые (за исключением 2 видов) весьма обычны на илистых грунтах заливов и бухт зал. Петра Великого в условиях нормальной морской солености. Большинство пелобионтов встречается и в зоне ПШ, но в небольшом количестве.

Фауна остракод северо-западной части Амурского зал., представленная эвригалинными морскими видами, значительно беднее фауны его центральной и южной частей. Признаков вымирания остракод в результате антропогенного загрязнения здесь не отмечается. Однако в морской зоне, в местах с повышенной эвтрофикацией илов наблюдается вспышка численности весьма редких в других частях зал. Петра Великого видов, *Spinileberis? sp.* и *Paracytheroma asamushiensis* (Ishizaki, 1971).

ГЛАВА 6 ОСТРАКОДЫ РАЙОНОВ ДОЛГОВРЕМЕННОГО МОНИТОРИНГА

В рамках международной программы DIVPA (Diversitas in Western Pacific and Asia) для долгосрочного ежегодного мониторинга (50 лет) в зал. Петра Великого ру-

ководством ИБМ ДВО РАН выбраны места стандартных трансект: в зал. Восток, в северо-восточной части Амурского зал. у ИБМ и в акватории Дальневосточного морского биосферного заповедника. Остракоды изучались в Амурском зал. у ИБМ, в зоне умеренного загрязнения, и в зал. Восток, в зоне слабого загрязнения.

6.1. Амурский залив (восточное побережье у ИБМ)

Район между мысами Красный и Грозный, у здания ИБМ, находится на значительном удалении от крупных промышленных и бытовых стоков и относится к умеренно загрязненной части Амурского залива, где сохранилось относительно высокое богатство фауны. Наблюдения над фауной остракод проводились здесь на протяжении 40 лет, с 1967 по 2007 гг. Вначале пробы собирались с фаунистическими целями, а с 2000 г. проводились регулярные сборы по четырем разрезам. Всего встречено 81 вид остракод, из них 57 живыми. Из 24 видов, найденных только в виде раковин и створок, 15 определенно вымерли в результате антропогенного воздействия в этом районе еще до его исследования. Три вида вполне могут быть найдены здесь живыми, поскольку обитают в соседних местах, в том числе и в сильнее загрязненных. В отношении семи относительно редких слабо изученных видов сейчас нельзя сказать ничего определенного на этот счет. В целом за время наблюдений состав фауны остракод не претерпел изменений. Район все еще можно считать умеренно загрязненным, с относительно благополучным состоянием экосистем. С изменением облика биотопов происходило и изменение структуры сообществ бентоса, в том числе и остракод. С прогрессирующим заилением пелобионты продвинулись на мелководье, и их доля здесь увеличилась, а виды чувствительные к заилению отступили ближе к берегу.

6.2. Залив Восток у МБС «Восток»

Всего у северо-западного побережья зал. Восток встречено 99 (из них 66 живыми) видов остракод, относящихся к 41 роду. Фауна района характеризуется присутствием холодолюбивых видов на меньшей глубине, чем в бухтах западной половины зал. Петра Великого, поскольку в зал. Восток происходит активный обмен его вод с водными массами открытого моря. Большинство найденных только в виде раковин и створок видов могут быть обнаружены живыми в этом районе, поскольку они обитают в других, в том числе и соседних, частях залива. Район у МБС «Восток» отличается богатым видовым составом остракод и вполне может быть квалифицирован как слабо загрязненный.

В результате проведенных исследований создана база для последующего мониторинга состояния экосистем с использованием остракодового анализа в районах стандартных трансект. Выявленные комплексы остракод могут служить в качестве фоновых для оценки уровня их деструкции в результате антропогенного влияния в других частях зал. Петра Великого.

ГЛАВА 7 ОСТРАКОДЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПРИБРЕЖЬЯ АМУРСКОГО ЗАЛИВА

С помощью остракодового анализа исследовано состояние водных экосистем вдоль г. Владивостока, самой загрязненной части Амурского зал. Для этого выбрано 6 полигонов. Наиболее чистый и изученный район у ИБМ, выбран в качестве модельного полигона (2). Четыре полигона расположены у контролируемых выпусков хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод: «Де-Фриз» (1), «Кировский» (3), «Вторая Речка» (4), «Первореченский» (5). Очищаются стоки только выпуска «Де-Фриз», через остальные сброс идет без очистки. Шестой полигон расположен у м. Токаревского. Район также подвержен антропогенному влиянию из-за близости к порту Владивосток и зоне дампинга грунтов, который оказал существенное влияние на загрязнение донных осадков Амурского залива тяжелыми металлами и некоторыми органическими веществами. Кроме того, были собраны дополнительные пробы, у м Тупой и в б. Федорова; использованы также «судовые сборы» (рис. 2). В «Заключении» подробно описаны система градаций и номенклатура комплексов остракод, характерных для зон с различной степенью загрязнения. В последующем тексте, чтобы не повторяться, приводятся только обозначения этих зон: III, А, Б, В - зона и подзоны умеренного загрязнения, в соответствии со степенью деструкции комплексов остракод; IV, А, Б - зона и подзоны высокого загрязнения, где обитающие на грунте остракоды не живут; V, А, Б - зона и подзоны чрезвычайно высокого загрязнения в зависимости от характера захоронения остатков вымерших остракод.

7.1. Район дюкера очистных сооружений у полуострова Де-Фриза

Одиночный оголовок выпускного водовода очистных сооружений расположен на расстоянии 700 м от берега. Вокруг него, на глубине 2,5-3 м распространены илы с сероводородным запахом и устричные банки. Непосредственно у водовода, на приподнятом над дном участке устричной банки, обнаружено 610 экз. видов- оппортунистов (ШБ). В районе сброса сточных вод по 3-7 живых экз. 2-4 видов в пробе (ШВ).

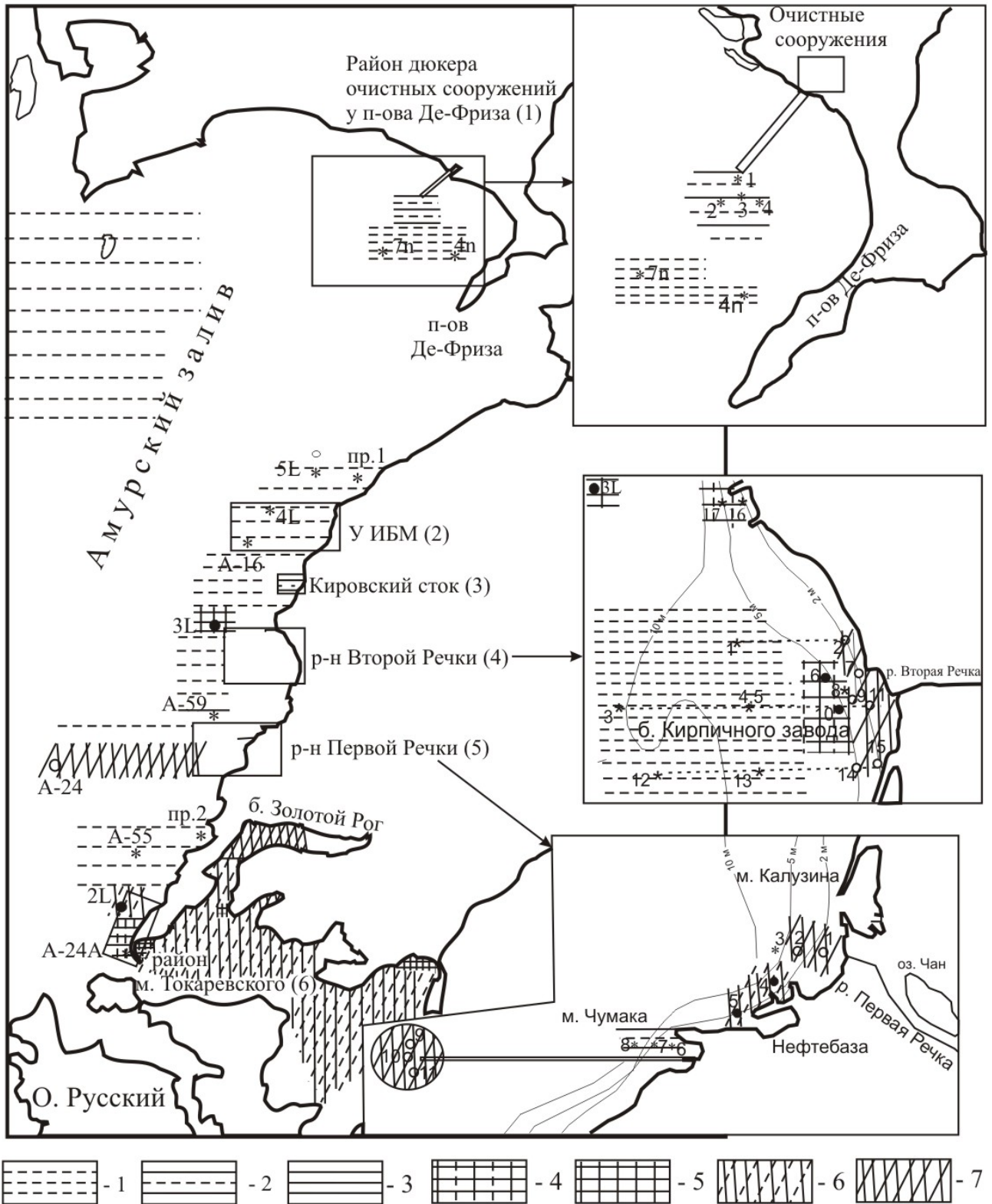


Рис. 2. Распределение комплексов остракод в Амурском заливе и порту Владивосток по зонам в зависимости от степени их деструкции: 1 – зона IIIA, 2 – зона IIIB, 3 – зона IIIC, 4 – зона IVA, 5 – зона IVB, 6 – зона VA, 7 – зона VB; * – пробы с живыми остракодами, ● – пробы, содержащие только раковины и створки остракод, ○ – пробы, где остракоды не встречены.

Нормальный для северной части Амурского залива комплекс остракод (14 видов, 11 из них живых, до 1405 экз.) выражен лишь на удалении 0,5 км от дюкера (ША). В пробе, собранной у м. Тупой (гл. 6,5 м, ил), встречен комплекс остракод (11 видов, 6 живыми), обычный для илистых грунтов Амурского зал. в зоне умеренного загрязнения (ША).

7.2. Кировский сток

В двух пробах, собранных дражкой напротив стока на песчаных грунтах на глубине 1,5 и 4 м обнаружено 10 видов остракод, только 3 из них живыми: псаммобионты *Pontocythere subjaponica* (Hanai, 1959), *Angulicytherura ventroangulata* Schornikov et Dolgov, 1995 и эвриэдафический вид *Cythere nishinipponica* Okubo, 1976. Среди видов, встреченных в виде створок, большинство литофилов, которые, возможно, обитают на редких камнях, но не попали в дражку. Район относится к зоне ШБ, поскольку встреченный здесь комплекс остракод обеднен по сравнению с населением аналогичного биотопа у ИБМ.

7.3. Район Второй речки

Район, у устья р. Вторая Речка, протекающей по территории промышленной зоны, авторами «Долговременной программы...» (1992) отнесен к зоне сильного загрязнения. Здесь обнаружено 34 вида, 16 из них живыми. В непосредственной близости от стока (до глубины 4 м) остракоды давно вымерли, а их створки захоронены последующими осадками (VB). На глубине более 4 м на камнях и талломах водорослей встречаются единичные особи двух видов, которые выживают здесь лишь потому, что не имеют непосредственного контакта с обогащенным поллютантами грунтом (IVA). В 500 м от стока на илах (на глубине 5,5 м) появляются единичные створки остракод, вымерших относительно недавно (VA). На расстоянии более 1 км от стока на глубине более 7 м обнаружен обычный для илистых грунтов Амурского залива комплекс (ША). Несмотря на отдаленность от места сброса сточных вод, довольно сильному влиянию загрязнения (IVA) подвержены комплексы остракод у м. Фирсова, где обитают только виды непосредственно не контактирующие с загрязненными осадками.

7.4. Район Первой речки

Это наиболее сильно загрязненный район Амурского зал. у Владивостока. К основным источникам его загрязнения относятся р. Первая Речка, нефтебаза и выпуск сточных вод «Первореченский». В районе обнаружено 28 видов остракод, 13 из них

живыми. Перед устьем Первой Речки на глубине до 3 м остракод не обнаружено (VB), только на глубине 6-7 м найден живым один экземпляр пелобионта *Bicornucythere bisanensis* (Okubo, 1975) и остатки еще двух видов (ШВ). У пирсов напротив нефтебазы на глубине 2-7 м найдены только остатки трех видов (VA). У берега у м. Чумака на камнях с водорослями на глубине 1,5-2 м обнаружено 9 видов остракод, не контактирующих с загрязненным грунтом, а в пробе на глубине 4 м на друзьях *Modiolus* встречен в массовом количестве (430 экз., 96,85 %) *Sclerochilus iturupicus* Schornikov, 1981 (IVA). На глубине 6 м обнаружено 19 видов остракод, из них живыми 3 пелобионта и 2 эвриэдафических видов (ШВ). Подводный выпуск сточных вод «Первореченский» расположен на расстоянии 1052,5 м от берега и глубине 19 м., где на иле с сильным сероводородным запахом остракоды полностью отсутствуют (VB). Загрязненные воды поднимается на поверхность, образуя пятно радиусом 14,13 м. Загрязнение от этого коллктора распространяется далеко в море, в «судовой пробе» А-24 с глубины 21 м остракоды также отсутствовали (VB).

В пробе (гл. 12 м, ил), собранной в районе б. Федорова, которая расположена между районами Первой Речки и м. Токаревского, встречено 4 пелобионта, три из живыми в довольно большом количестве (ША).

7.5. Район мыса Токаревского

На акватории, прилегающей к м. Токаревского, обнаружено 16 видов остракод, 10 из них живыми. Здесь до глубины 23 м вымерли все пелобионты. На глубине до 4 м выжили лишь некоторые фитобионты, литофилы, эвриэдафический вид *Xestoleberis hanaii* Ishizaki, 1968, населяющие приподнятые над грунтом камни и водоросли в прибрежной зоне, и планктобентический *E. nipponicus* (IVA). Обитающий на камнях *S. iturupicus* обнаружен также на глубине 16 м.

ГЛАВА 8 ОСТРАКОДЫ АКВАТОРИИ ПОРТА ВЛАДИВОСТОК

Акватория порта сильно загрязнена, а б. Золотой Рог – самое загрязненное место в зал. Петра Великого. В результате обработки материалов установлено 78 видов остракод. В кернах скважин найдено 34 вида, 7 из них – только в скважинах. В поверхностных осадках встречен 71 вид, представленный преимущественно раковинами и створками. Обитающие на грунте остракоды полностью вымерли. Живыми встречены только три вида, которые в своей жизнедеятельности не связаны тесно с осадками, насыщенными поллютантами. Представитель отряда Myodocorida, *E.*

nipponicus, ведет планктобентический образ жизни. Два встреченных живыми вида из отряда Podocopida, *Sclerochilus (Praesclerochilus) verecundus* Schornikov, 1981 и *Loxocauda* sp. 1, являются эпибионтами и, таким образом, они тоже избегают тесного контакта с осадками, накапливающими токсины. Первый обитает преимущественно на камнях среди обрастания, второй - на растениях, преимущественно на *Zostera*.

По комплексам обнаруженных остракод и их остатков район порта Владивосток можно разделить на четыре подзоны двух зон, соответствующие степени загрязнения и деструкции экосистем (см. рис. 2).

IV - зона высокого загрязнения, где вымерли обитающие на грунте остракоды, но встречаются некоторые виды, не связанные тесно с осадками, накапливающими поллютанты. IVA - подзона зоны высокого загрязнения, где способны выжить наиболее стойкие подокопиды-эпибионты. Она занимает очень небольшой участок у берега м. Токаревского, в непосредственной близости от выхода в Амурский залив. IVБ - подзона зоны высокого загрязнения, где подокопиды полностью вымерли, но куда может заплывать *E. nipponicus*. Она представлена тремя небольшими участками: у прибойного берега на ст. 55, 15 и в б. Патрокл.

V - зона чрезвычайно высокого загрязнения, где живые остракоды отсутствуют. VA - подзона зоны чрезвычайно высокого загрязнения, где остатки остракод находятся на поверхности илов, загрязненных в разной степени, в основном частицами угля. Эта зона занимает большую часть исследованного района. Здесь обнаружены створки богатого комплекса относительно эврибионтных тепловодных остракод - обитателей мелководья заливов и бухт (49 видов), которые вымерли, по-видимому, совсем недавно. Ныне они вполне благоденствуют в прилегающих районах Уссурийского и Амурского заливов. VB - подзона зоны чрезвычайно высокого загрязнения, испытывающая наибольший антропогенный прессинг, занимает внутренние части бухт Золотой Рог и Диомид. Здесь на черных жидких илах, пропитанных нефтепродуктами, насыщенными частицами угля и бытового мусора, в каждой из проб встречено лишь по одной створке или раковине остракод. Раковины изначально обитавших в этих районах остракод захоронены толстым слоем последующих антропогенных отложений. В колонках донных осадков до глубины 60 см остракоды отсутствуют, а в скважине № 7355А, появляются в интервале 0,87-0,84 м и хорошо представлены в нижележащих антропогенных осадках.

На основе остракодового анализа приходится констатировать, что экологическая обстановка на акватории Порты Владивосток находится в крайне критическом состоянии, а фауна остракод - на последней стадии вымирания. Даже самые чистые места следует квалифицировать как сильно загрязненные, в любом случае, не благополучнее, чем α -мезосапробные.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка качества или степени загрязнения вод по биологическим показателям может производиться двумя путями: по индикаторным организмам и по результатам сравнения населения в местах загрязнения и на участках, где загрязнение отсутствует. В последнее время многие авторы пришли к соединению этих двух подходов в одной системе, когда оценка загрязнения зависит от числа встреченных на станции видов, но видам неустойчивым к загрязнению при этом придается большая значимость, чем устойчивым видам. Таким образом, окончательная оценка зависит и от видового богатства, и от того, какие виды это богатство создают.

Одна из наиболее заманчивых перспектив остракодологии - поставить остракодовый анализ на службу природоохранной деятельности, с помощью которого можно было бы выявлять начальные этапы неблагополучия в водоемах, а не бить тревогу, когда загрязнение стало уже чрезвычайным. Для этого, как минимум, необходима разработка достаточно дробной градации комплексов остракод, характерных для зон с различной степенью загрязнения. Если исходить из пятибальной шкалы такой градации, по логике вещей следует различать пять зон с разной степенью загрязнения и, соответственно, пять характерных для них комплексов остракод. В конкретных исследуемых акваториях эти зоны могут быть подразделены на подзоны в зависимости от особенностей участков и их населения.

I. Теоретически допустимая зона, где антропогенное загрязнение отсутствует. По-видимому, таких мест нет в зал. Петра Великого. Практически же к ней можно отнести наиболее чистые участки побережья Японского моря, расположенные вдали от населенных пунктов и других источников загрязнения. Согласно неопубликованным данным, к этой зоне можно отнести побережье юго-восточной части о. Путятина, овов Римского-Корсакова, о. Фуругельма, а также относительно глубоководный район открытой части зал. Петра Великого.

II. Зона слабого загрязнения, расположенная в пределах влияния его источников, населенная достаточно богатыми, но несколько обедненными комплексами остракод. Пока к ней можно отнести только северо-западное побережье зал. Восток в районе МБС "Восток" с большим количеством видов, не зарегистрированных в более загрязненных зонах.

III. Зона умеренного загрязнения, где способны существовать обитающие на грунте Podocorida, резистентные к умеренному загрязнению различной степени. К ней можно отнести изученный район эстуария р. Раздольная и ряд мест вдоль северо-восточного побережья Амурского зал. В пределах этой зоны в зависимости от степени вымирания обитавших там остракод можно выделить, как минимум, три подзоны, IIIA, IIIB и IIIV.

IIIA. Подзона относительно благополучного состояния экосистем, где количество живых остракод превышает количество вымерших. К ней следует отнести упомянутый район эстуария р. Раздольная, участки вдоль северо-восточного побережья Амурского зал., расположенные не менее, чем в 0,5 км от берега, и район побережья между мысами Тупой и Грозный.

IIIB. Подзона существенного загрязнения, где количество живых видов примерно равно количеству вымерших. К этой подзоне можно отнести ограниченные участки, обычно расположенные на расстоянии примерно в 0,5 км от мест сброса в залив сточных вод.

IIIV. Подзона относительно интенсивного загрязнения, где способно выживать лишь крайне малое число подокопид, обитающих на грунте. Сейчас можно выделить только весьма ограниченную группу наиболее толерантных к загрязнению видов остракод, обитающих на грунте и способных выживать в условиях наиболее высокой стадии умеренного загрязнения. В пределах зал. Петра Великого в эту категорию входят: *C. nishinipponica*, *P. subjaponica*, *B. bisanensis*, *Loxoconcha harimensis* Okubo, 1980, *Cytheromorpha acupunctata* (Brady, 1880), *Angulicytherura* sp. 3, *Howeina camptocytheroidea* Hanai, 1957, *Howeina* sp. A и *Howeina* sp. 5.

IV - зона высокого загрязнения. Осадки в этой зоне имеют такой уровень загрязнения, что обитающие на грунте остракоды полностью вымирают. Там могут выживать только некоторые особенно устойчивые к загрязнению остракоды, не контак-

тирующие непосредственно с осадками. В пределах этой зоны можно различать две подзоны, А и Б.

IVА. Подзона, где может выживать крайне ограниченный набор не способных плавать видов остракод из отряда Podocorida, которые обитают на растениях и выступающих над грунтом камнях. Их местообитания омываются богатыми кислородом прибрежными водами, уровень загрязнения которых значительно ниже, чем донных осадков. К подзоне IVА относится небольшой участок акватории порта Владивосток у берега м. Токаревского, в непосредственной близости от выхода в Амурский залив, где встречены живыми два вида подокопид, и ряд участков у восточного побережья Амурского зал., примыкающего к г. Владивосток. К видам, характерным для подзоны IVА относятся, прежде всего, *S. (P.) verecundus* и *Loxocauda* sp. 1, обнаруженные живыми в акватории порта Владивосток. Несколько менее устойчивы к загрязнению виды, встреченные живыми в загрязненных участках побережья Амурского зал., примыкающего к г. Владивосток. Это фитобионты *Boreostoma coniforme* (Kajiya, 1913), *B. ussuricum* (Schornikov, 1974), *Obesostoma obesum* (Schornikov, 1974), *Paradoxostoma assimile* Okubo, 1977, *P. cf. oshoroense* Hiruta, 1975, *P. sohni* Okubo, 1980 и *Paradoxostoma* sp. 28, приуроченный к обрастаниям твердых субстратов *S. (S.) ituripicus*, а также эвриэдафический *X. hanaii*.

IVБ. Подзона, где Podocorida не выживают, но туда могут заплывать Myodocorida. По сравнению с неспособными плавать Podocorida, они имеют более широкие возможности для расселения. Активно плавая и не будучи тесно связанными с донными осадками, обогащенными поллютантами, они способны легко проникать в места, периодически подвергающиеся высокому стрессовому загрязнению.

V. Зона чрезвычайно высокого загрязнения, где остракоды совершенно не выживают. В ее пределах можно различать две подзоны (А и Б) в зависимости от продолжительности действия такого загрязнения. VA. Подзона, где относительно богатый комплекс остатков остракод присутствует на поверхности грунта, свидетельствующий о том, что массивное загрязнение наступило совсем недавно, по видимому, несколько лет тому назад. Сюда можно отнести большую часть акватории прол. Босфор Восточный и небольшие участки у выпусков сточных вод в Амурском зал. вдоль Владивостока.

УБ. Подзона, где остатки остракод захоронены слоем последующих осадков, свидетельствующих о том, что массивное загрязнение здесь продолжается не одно десятилетие, и в осадках накопилось очень большое количество поллютантов. Наиболее мощный слой таких осадков сформировался в б. Золотой Рог (70 см), в гавани б. Гайдамак (по неопубликованным данным) этот слой составляет 30 см. Ограниченные участки с лишенными остатков остракод осадками выражены в непосредственной близости от выпусков сточных вод в Амурском зал. вдоль Владивостока.

При остракодовом анализе для определения современного экологического состояния исследуемого района, прежде всего, учитываются встреченные живыми массовые виды. Редкие виды дают дополнительную информацию о водоеме. Важно иметь в виду, что отсутствие живых экземпляров при наличии створок в пробах не всегда свидетельствует о том, что эти виды здесь вымерли. Их створки могли осыпаться из неучтенных биотопов. Кроме того, нередко в распространении остракод по биотопу наблюдается пятнистость.

При определении индикационной значимости различных видов морских остракод необходимо отдельно рассматривать активно плавающих (например, миодокопид, некоторых пропонтоциприд) и неспособных плавать большинство подокопид, поскольку они имеют различное поведение и миграционные потенции. Кроме того, подокопид необходимо группировать в зависимости от приуроченности их к различным биотопам. В нашем случае, как минимум, надо рассматривать отдельно фитобионтов (в т. ч. обитателей твердого субстрата с обрастанием), псаммобионтов и пелобионтов. Особую группу представляют виды-оппортунисты, которые благодаря толерантности к недостатку кислорода дают вспышки численности в зонах с относительно низким химическим загрязнением, но с сильно эвтрофицированными грунтами.

Особую проблему представляет исследование солоноватоводной фауны остракод в качестве индикаторов загрязнения. Солоноватоводные остракоды более толерантны к загрязнению, чем морские виды, но менее к нему устойчивы, чем большинство пресноводных остракод, обитающих в долинах низовьев рек. Морские эвригаллинные остракоды, будучи эврибионтными животными, более толерантны к загрязнению, чем стеногаллинные виды. Остракодовый анализ наиболее рационально использовать при проведении экологической экспертизы районов, где только планируется развертывание хозяйственной деятельности. При последующем мониторинге

именно по остракодам можно будет выявить начало возможных деструктивных процессов.

ВЫВОДЫ

1. Фауна остракод исследованных районов представлена 182 видами остракод, в том числе 21 пресноводным, 6 солоноватоводными и 155 морскими видами.
2. Остракоды - прекрасные индикаторы состояния и динамики водных экосистем в зависимости от природных и антропогенных факторов.
3. В эстуарии р. Раздольная различные комплексы остракод маркируют четыре зоны в соответствии с градиентом солености: I - пресноводную; II - солоноватоводную, с тремя подзонами, А, В и С; III - переходную; IV - морскую.
4. Антропогенное загрязнение приводит к сокращению видового богатства комплексов остракод, изменениям в их структуре и, в конечном счете, к полному вымиранию этих животных. В условиях сильного загрязнения остракоды не живут.
5. Предложенная система градации комплексов остракод в зависимости от степени загрязнения акваторий и характера захоронения их остатков является основой успешного использования остракодового анализа в природоохранной деятельности.
6. К зоне слабого загрязнения (II) относится только северо-западное побережье зал. Восток в районе МБС "Восток". К зоне умеренного загрязнения (III), подзоне IIIА - относительно благополучного состояния экосистем, относятся район эстуария р. Раздольная, район вдоль северо-восточного побережья Амурского зал., на расстоянии 0,5-1 км от берега, и его побережье между мысами Тупой и Грозный. По мере приближения к выпускам сточных вод диагностируются участки, соответствующие подзоне IIIБ, на расстоянии примерно 0,5 км, подзоне IIIВ, примерно в 200 м от них, зоне высокого загрязнения (IV), и у самых выпусков имеются участки с чрезвычайно высоким уровнем загрязнения (V), где остатки былых комплексов остракод захоронены последующими осадками. В общем, экологическую обстановку у северо-восточного побережья Амурского зал. можно квалифицировать как неблагополучную.
7. Экологическая обстановка на акватории порта Владивосток находится в крайне критическом состоянии, а фауна остракод – на последней стадии вымирания. Из 71 вида, еще совсем недавно обитавших здесь, живыми остались только три. В б.

Золотой Рог остатки былых комплексов остракод захоронены 70-сантиметровым слоем последующих осадков.

8. Остракодовый анализ наиболее рационально использовать при проведении экологической экспертизы районов, где только планируется развертывание хозяйственной деятельности. С его помощью можно выявить начальные этапы деструкции экосистем, еще неуловимые другими методами, чтобы не бить тревогу, когда загрязнение стало уже чрезвычайным.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах

1. Шорников Е.И., Зенина М.А. Комплекс захороненных остракод на месте аварии атомной подводной лодки в бухте Чажма залива Петра Великого (Японское море) // Биология моря. 2007. Т. 33, № 3. С. 236-239.

2. Зенина М.А. Влияние загрязнения на фауну остракод Амурского залива Японского моря // Биология моря. 2009. Т. 35, № 4. С. 249-255.

Статьи, опубликованные в других изданиях

3. Шорников Е.И., Зенина М.А. Класс Ostracoda Latreille, 1802. Глава II. Аннотированный список морской биоты // Тюрин А.Н. (ред.). Дальневосточный морской биосферный заповедник. Биота. Т. 2. Владивосток: Дальнаука. 2004. С. 211-222.

4. Шорников Е.И., Зенина М.А. Фауна донных остракод Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского морей (по материалам экспедиций ТОИ ДВО РАН) // Тр. Аркт. регион. центра. Т. 4. Владивосток: Дальнаука. 2006. С. 156-211.

5. Zenina M.A., Schornikov E.I. Ostracod assemblages of the freshened part of Amursky Bay and lower reaches of Razdolnaya River (Sea of Japan) // Ecological studies and the state of the Razdolnaya River (Sea of Japan). V. 1. Vladivostok: Dalnauka. 2008. P. 156-185.

Работы, опубликованные в материалах региональных, всероссийских и международных конференций

6. Зенина М.А. Фауна остракод Амурского залива в районе ст. Чайка // Тез. докл. VI Региональной конф. по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии. Владивосток: Изд-во Дальневосточного гос. ун-та. 2003. С. 43-45.

7. Schornikov E.I., Zenina M.A. New genus of Ostracoda (Cytheroidea, Cytheruridae, Cytherurinae) from Far Eastern Seas // Sergienco V.I. et al. (eds.). Bridges of Between America and the Russian Far East: Past, Present, and Future // Proc. Int. Conf. on the Arctic and North Pacific. Vladivostok: Dalnauka. 2004. P. 58.

8. Зенина М.А., Шорников Е.И. Комплексы остракод опресненной части Амурского залива и низовьев р. Раздольная // Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий: Мат. международной научно-практической конференции. Владивосток: Из-во Дальневост. гос. ун-та. 2006. С. 68-71.

9. Schornikov E.I., Zenina M.A. Ostracods of *Sinocytheridea* genus in geological history of Peter the Great Bay (Pan-Sea of Japan) // Abstracts of 4th International Symposium of the Kanazawa University 21st-Century COE Program. Promoting Environmental Research in Pan-Japan Sea Area. March 8-10, 2006. Kanazawa Excel Hotel Tokyu, Japan. 2006. P. 88.

10. Schornikov E.I., Zenina M.A. New genus of cytherurid ostracods from NE Pacific // Abstract volume of European Ostracodologists' Meeting VI. Frankfurt-am-Main. 2007. P. 84.

11. Zenina M.A., Schornikov E.I. Ostracod Distribution of Razdolnaya River Estuary (Peter the Great Bay, Sea of Japan) // Abstract volume of European Ostracodologists' Meeting VI. Frankfurt-am-Main. 2007. P. 77.

12. Zenina M.A. Influence of the pollution on the ostracod fauna near the Eastern Coast of Amursky Bay (Sea of Japan/East Sea) // Marine biodiversity and bioresources of the North-Eastern Asia / Book of abstracts of the workshop 21-22th October, 2008. Marine and Environmental Research Institute, Cheju National University, Jeju, Korea (Aisa Network for Global Change Research). 2008. P. 94-99.

13. Зенина М.А. Остракоды как индикаторы водных экосистем (На примере северной части Амурского залива и порта Владивосток)// Тез. докл. X съезда Гидробиол. о-ва при РАН. Владивосток. 2009. С. 449-450.