

Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации  
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»  
(ФГБУ «ДВНИГМИ»)

УДК 574.632 574.633

№ госрегистрации АААА-А20-120042190045-6

инв. №



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ФГБУ «ДВНИГМИ»  
Е. А. Горшков  
«24» декабря 2020 г.

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ ИЛИ ОБНОВЛЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ  
МЕТОДОВ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МОРСКОЙ СРЕДЫ С ЦЕЛЬЮ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА МОРСКИХ ВОД ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ СОСТОЯНИЯ  
БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ. АДАПТАЦИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА  
МОРСКОЙ СРЕДЫ ПО ДАННЫМ БИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НА ОСНОВЕ  
ИНДЕКСОВ АМВИ И М-АМВИ (AZTI MARINE BIOTIC INDEX И MULTIVARIATE AZTI  
MARINE BIOTIC INDEX) ДЛЯ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ  
(заключительный)

4.6.3

Ответственный исполнитель  
темы, доктор биол. наук

А.В. Мощенко

Владивосток 2020

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Отв. Исполнитель, вед.  
науч. сотр., д-р биол. наук

 23.12.2020

А.В. Мощенко  
(введение, раздел 1-3,  
заклучение)

---

Исполнители темы:

Главный специалист

 - 23.12.2020

Т.С. Лишавская  
(раздел 1)

---

Вед. науч. сотр.,  
канд. биол. наук.

 23.12.2020

Т.А. Белан  
(раздел 1-3)

---

Ст. науч. сотр.

 24.12.2020

А.В. Севастьянов  
(раздел 1)

---

Научный сотр.

 23.12.2020

Б.М. Борисов  
(раздел 1-3)

---

Нормоконтроль

 23.12.2020

Е.П. Гордеева

---

## РЕФЕРАТ

Отчет 119 с., 47 рис., 10 таб., 63 источн.

### МОНИТОРИНГ, ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ, ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ, ИНДЕКСЫ *AMBI* И *M-AMBI*

Объектом исследования являются виды макрозообентоса залива Петра Великого.

Цель работы — определить отношение этих видов к содержанию органического углерода в грунтах для адаптации индексов *AMBI* и *M-AMBI* (*AZTI Marine Biotic Index* и *Multivariate AZTI Marine Biotic Index*), используемых в ЕС при оценке качества морской среды и состояния донного населения, для применения на акватории зал. Петра Великого.

В процессе работы произведен анализ информации, имеющейся к настоящему времени в базе данных *AMBI* и выполнено статистическое исследование распределений плотности поселения видов и таксонов более высокого ранга при помощи моделей еНОФ.

На основе информации, имеющейся в базе *AMBI*, из 262 представителей бентоса, не имевших групповую ассигнацию, с вероятностью более 95 % были классифицированы 163. Из-за недостатка данных не удалось классифицировать 40 видов и таксонов более высокого ранга. Однако эти животные редки и малочисленны, и их исключение при вычислениях *AMBI* и *M-AMBI* не может привести к существенным изменениям величин данных индексов. Анализ моделей, ниш и колебаний численности 105 видов и более крупных таксонов, приписанных в базе *AMBI* к экологическим группам GI–GV, позволил переклассифицировать 16 представителей донной фауны. Моделирование изменений плотности поселения животных с известной ассигнацией вдоль градиента содержания органического углерода выявило основные черты их распределений и эталонные виды для каждой экологической группы. На этой основе был выполнен анализ беспозвоночных с неизвестной припиской. В результате, ассигнацию получили еще 52 представителя донной фауны. Всего, из 262 нерасклассифицированных таксонов были определены экологические группы у 222 животных, включая всех доминантов и субдоминантов.

Результаты аналитических процедур позволяют с уверенностью использовать *AMBI* и *M-AMBI* для оценки экологического статуса донной фауны и состояния самих акваторий, анализа его эволюции во времени, а также для выяснения причин изменений качества морской среды. Применение этих индексов заметно упрощает процедуру экологического мониторинга. Вариации *AMBI* и *M-AMBI* и, соответственно, состояния среды и бентоса, могут быть легко и наглядно объяснены при наличии гидрологической и геохимической информации. В свою очередь, зная причины этих вариаций, можно прогнозировать развитие экологической ситуации на исследуемой акватории или ее отдельных участках.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 Материалы и методы.....	12
1.1 Используемые данные, отбор и обработка проб.....	12
1.2 Анализ данных.....	12
1.3 Статистический анализ и алгоритм вычислительных процедур.....	14
2 Распределение видов макрозообентоса вдоль градиента концентрации органического углерода в заливе Петра Великого.....	19
2.1 Анализ базы данных АМВИ.....	19
2.2 Экспериментальные исследования: виды, включенные в базу АМВИ. Эталонные виды.....	36
2.3 Экспериментальные исследования: виды, отсутствующие в базе АМВИ.....	61
3 Применение индексов <i>АМВИ</i> и <i>МАМВИ</i> при экологическом мониторинге некоторых акваторий залива Петра Великого.....	74
3.1 Характеристика экологического состояния ряда районов залива Петра Великого и изменения статуса прибрежных акваторий Владивостока в 21 веке.....	74
3.2 Связь экологического статуса макрозообентоса с уровнем загрязнения донных отложений и другими факторами среды.....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	91

## ВВЕДЕНИЕ

Интенсивная экономическая эксплуатация прибрежных акваторий РФ обуславливает необходимость комплексного изучения морской среды. Ее мониторинг должен включать наблюдения как за факторами воздействия (загрязнениями), так и за состоянием элементов биосферы (откликами живых организмов на эти воздействия), за изменением их структурных и функциональных показателей [1, 2]. Одними из наиболее эффективных методов оценки являются наблюдения за уровнем загрязнения осадков и состоянием донных животных. При этом контроль гидробиологических показателей является приоритетным, поскольку обеспечивает возможность прямой оценки состояния водных экосистем, испытывающих вредное влияние антропогенных факторов.

Общие правила Евросоюза, касающиеся экологического качества озерных, речных, переходных (эстуарии и лагуны) и прибрежных вод сформулированы в Рамочной Директиве по водным ресурсам (Water Framework Directive – WFD) [3, 4]. Эти правила для морских вод изложены в Рамочной Директиве ЕС о морской стратегии (Marine Strategy Framework Directive – MSFD) [5]. Экологическая концепция обеих директив, в принципе, очень проста и состоит в сравнении текущего состояния какой-либо акватории с ее статусом при минимальном или постоянном хозяйственном использовании и, при деградации условий, вмешательстве в ситуацию, чтобы вернуть хороший экологический статус данному району [6]. В WFD и MSFD существует множество индикаторов, целевых значений и подходов к установлению эталонов, определяющих само понятие «хорошего экологического статуса» или «хорошего состояния среды» (соответственно GES и GEnS). Одними из основных «инструментов», при помощи которых определяется состояние морской среды (донного населения) являются индексы *AMBI* и *M-AMBI* (AZTI Marine Biotic Index и Multivariate AZTI Marine Biotic Index).

Определение *AMBI* основано на так называемых биотических индексах (Biotic Indices – BI), полученных М. Глемареком и С. Хайли [7, 8] по результатам исследований бентоса рыхлых грунтов. Макрозообентос таких осадков отвечает на воздействие среды (например, на поступление органического углерода –  $C_{орг.}$  – в экосистему), используя разные адаптивные стратегии. Дж. Грэй [9]<sup>\*</sup> суммировал эти стратегии в три группы: *r*-стратегии (виды с коротким жизненным циклом, быстрым ростом, ранним половым созреванием и выбросом личинок в течение года); *k*-стратегии (относительно

---

<sup>\*</sup>В соответствие с *r*- и *k*-селекцией – терминами, предложенными Р. МакАртуром и Э. Вилсоном [10]. Дж. Грэй лишь применил эту терминологию при объяснении изменений, происходящих в бентосном населении при загрязнении.

долгоживущие и медленно растущие виды, имеющие большую биомассу); *T*-стратеги (виды, устойчивые к воздействию и не подверженные влиянию изменений среды).

С. Сале-Пикар [11] предложил выделять четыре последовательных состояния биоты, обусловленных экологическим стрессом:

(1) исходное (отсутствие загрязнения, присутствуют биоценозы большой плотности поселения, богатые видами, включая редкие, и имеющие высокое разнообразие);

(2) легкого дисбаланса (исчезновение редких видов, пролиферация устойчивых и появление пионерных видов, снижение разнообразия);

(3) выраженного дисбаланса (в популяциях доминируют позитивные индикаторы загрязнения, очень низкое разнообразие);

(4) мертвые зоны (azoic substrata).

В соответствие с этими четырьмя состояниями донного населения С. Хайли и М. Глемарек [8, 12] предложили разделить макрофауну рыхлых грунтов на пять групп видов, отличающихся по распределению вдоль градиента стрессового воздействия (например, содержания  $C_{орг.}$ ). «Эти экологические группы [...] выступают в качестве важного метода оценки состояния морской среды с позиций деградации и восстановления» [13]. Их описание было сделано несколько позже [14]:

– Группа I. Виды, которые очень чувствительны к содержанию органического углерода и присутствуют при не загрязненных условиях (исходное состояние). Чаще всего, это специализированные хищники и некоторые трубчатые полихеты-грунтоеды.

– Группа II. Виды, индифферентные к росту концентрации органического вещества, в небольших количествах они всегда присутствуют без значительных изменений во времени (от исходного состояния до легкого дисбаланса). В основном, это фильтраторы, в меньшей степени – выборочные хищники и падальщики.

– Группа III. Виды, толерантные к повышению содержания органического вещества. Они встречаются и при нормальных условиях, но могут давать «вспышки» плотности при умеренном увеличении  $C_{орг.}$  (ситуация легкого дисбаланса). Обычно, это поверхностные грунтоеды, такие как трубчатые спионицы.

– Группа IV. Виды-оппортунисты 2-го порядка (ситуации от легкого до выраженного дисбаланса). Главным образом, это мелкие полихеты – подповерхностные грунтоеды, такие как цирратулиды.

– Группа V. Виды-оппортунисты 1-го порядка (ситуация выраженного дисбаланса). Это виды, питающиеся донными отложениями и создающие плотные поселения в истощенных осадках.

Теоретическое распределение относительного обилия каждой экологической группы вдоль градиента загрязнения\*, основанное на моделях С. Хайли [8, 13, 15], показано на рисунке 1. Ограничение применения этих моделей состоит в дискретности значений биотического индекса и в том, что его вычисления не систематизированы. С целью улучшения этого индекса, А. Боря с коллегами [16] предложили следующее выражение:

$$BC (AMBI) = [(0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)]/100 \quad (1),$$

где GI–GV – группы видов. Вычисления базируются на процентном обилии каждой экологической группы в каждой пробе; в их результате получается показатель, имеющий непрерывный ряд значений – Биотический Коэффициент (Biotic Coefficient – BC), в дальнейшем переименованный в *AMBI* самими авторами выражения (1). В соответствие с пятью уровнями экологического состояния (Ecological status – ES), принятыми в WFD, существует пять диапазонов *AMBI* по степени повреждения или нарушения (таблица 1) [17].

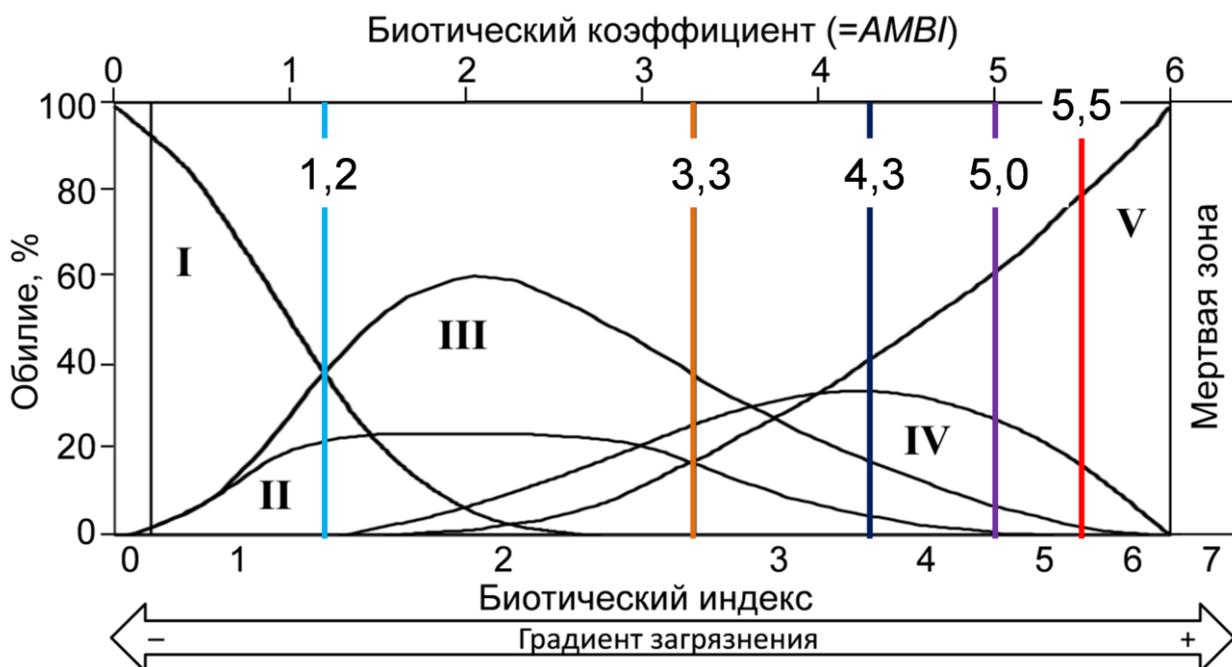


Рис. 1. Схематическое распределение видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода и индекса *AMBI*, по [16] с изменениями. Показаны границы «степени нарушения» местообитаний (см. таблицу 1)

К сожалению, в некоторых случаях применение этого индекса для установления экологического состояния приводит к явно ошибочным выводам [18]. К таким ситуациям относятся:

\* По нашему мнению, содержание органического углерода (эвтрофикация) и степень загрязнения осадков отнюдь не идентичные, хотя и сильно коррелированные факторы.

Таблица 1 – Классификация состояния, статуса донного населения и нарушений местообитаний на основе индексов *AMBI* и *M-AMBI* (по [18], добавлены градации *M-AMBI* из [19])

Градации <i>AMBI</i>	Доминирующая экологическая группа	Состояние донного сообщества	Классификация нарушений (повреждений) местообитания	Экологический статус EcoQ ( <i>sensu</i> WFD)	Градации <i>M-AMBI</i>
0.0< <i>AMBI</i> ≤0.2	I	Нормальное	Ненарушенное	Высокий статус	>0.77
0.2< <i>AMBI</i> ≤1.2		Вырождающееся			
1.2< <i>AMBI</i> ≤3.3	III	Несбалансированное	Слегка нарушенное	Хороший статус	>0.53–0.77
3.3< <i>AMBI</i> ≤4.3	IV–V	Переходное к загрязненному	Умеренно нарушенное	Умеренный статус	>0.39–0.53
4.3< <i>AMBI</i> ≤5.0		Загрязненное			
5.0< <i>AMBI</i> ≤5.5	V	Переходное к сильно загрязненному	Сильно нарушенное	Обедненный статус	>0.2–0.39
5.5< <i>AMBI</i> ≤6.0		Сильно загрязненное			
6.0< <i>AMBI</i> ≤7.0	Биота отсутствует	Биота отсутствует	Экстремально нарушенное	Плохой статус	≤0.2

Примечание. EcoQ – Ecological Quality (экологическое качество), WFD – Water Framework Directive (Рамочная Директива по водным ресурсам).

— Области высокой гидродинамической активности (например, открытые побережья) обычно имеют низкие величины структурных параметров биоты (таких как видовое богатство и разнообразие) и, иногда, высокие значения *AMBI*. Экологический статус таких участков может быть охарактеризован как «обедненный» или даже «плохой», хотя они не подвержены антропогенному давлению, и открыты только естественному воздействию.

— В некоторых районах, где имеет место процесс реколонизации, можно найти множество существенных различий среди значений структурных параметров на близко расположенных станциях. Это, например, внезапное увеличение богатства, разнообразия и/или обилия [20], что также ведет к ошибкам в классификации экологического состояния.

Чтобы избежать таких ошибок, И. Муксика с коллегами [18] предложили использовать индекс *M-AMBI*, или Многомерный (Multivariate) *AMBI*. Он вычисляется на основе процедуры факторного анализа по индексам *AMBI*, видового разнообразия Шеннона-Винера *H'* и видового богатства Маргалефа *R* (рисунок 2). В качестве *R* используется его самый простой вариант – число видов в пробе или на станции. Этот индекс, по мнению авторов, как и *AMBI*, характеризует экологическое состояние (статус) макрозообентоса, и изменяется от 0 до 1. Градации *M-AMBI*, принятые в рамках WFD, представлены в таблице 1. Следует заметить, что *M-AMBI* также не избежал критики. Например, Сиговини с соавторами [21] считают процедуру его вычисления «непрозрачной» и доказывают, что *M-AMBI* может быть вычислен как сумма предварительно нормализованных по максимальным значениям и усредненных *AMBI*, *R* и *H'* (коэффициент корреляции у *M-AMBI* и  $M-AMBI_n$   $r=0,999-1,000$ ).

Однако использование индексов *AMBI* и *M-AMBI* имеет явные и существенные преимущества:

— Во-первых, имеется подробная инструкция для подготовки данных для их вычисления [22];

— Во-вторых, все вычисления осуществляются автоматически, так как существует программное обеспечение, использующее свою пополняемую базу данных (последнее обновление – май 2019), имеющее удобный и простой интерфейс и свободно распространяемое в интернете (рисунок 3) [19]. При наличии ППП MatLab базу *AMBI* может изменить и дополнить любой пользователь;

— В-третьих, применение этих индексов позволяет характеризовать как само экологическое состояние и статус донного населения, так и степень нарушения местообитаний самих животных (таблица 1).

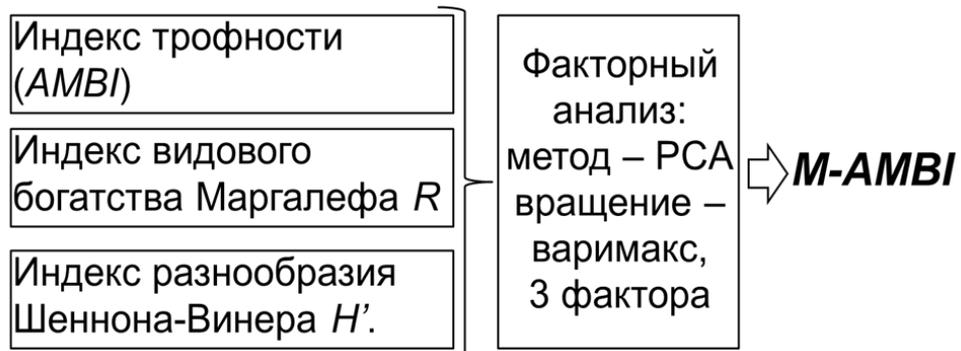


Рис. 2. Схема вычисления индекса M-AMBI

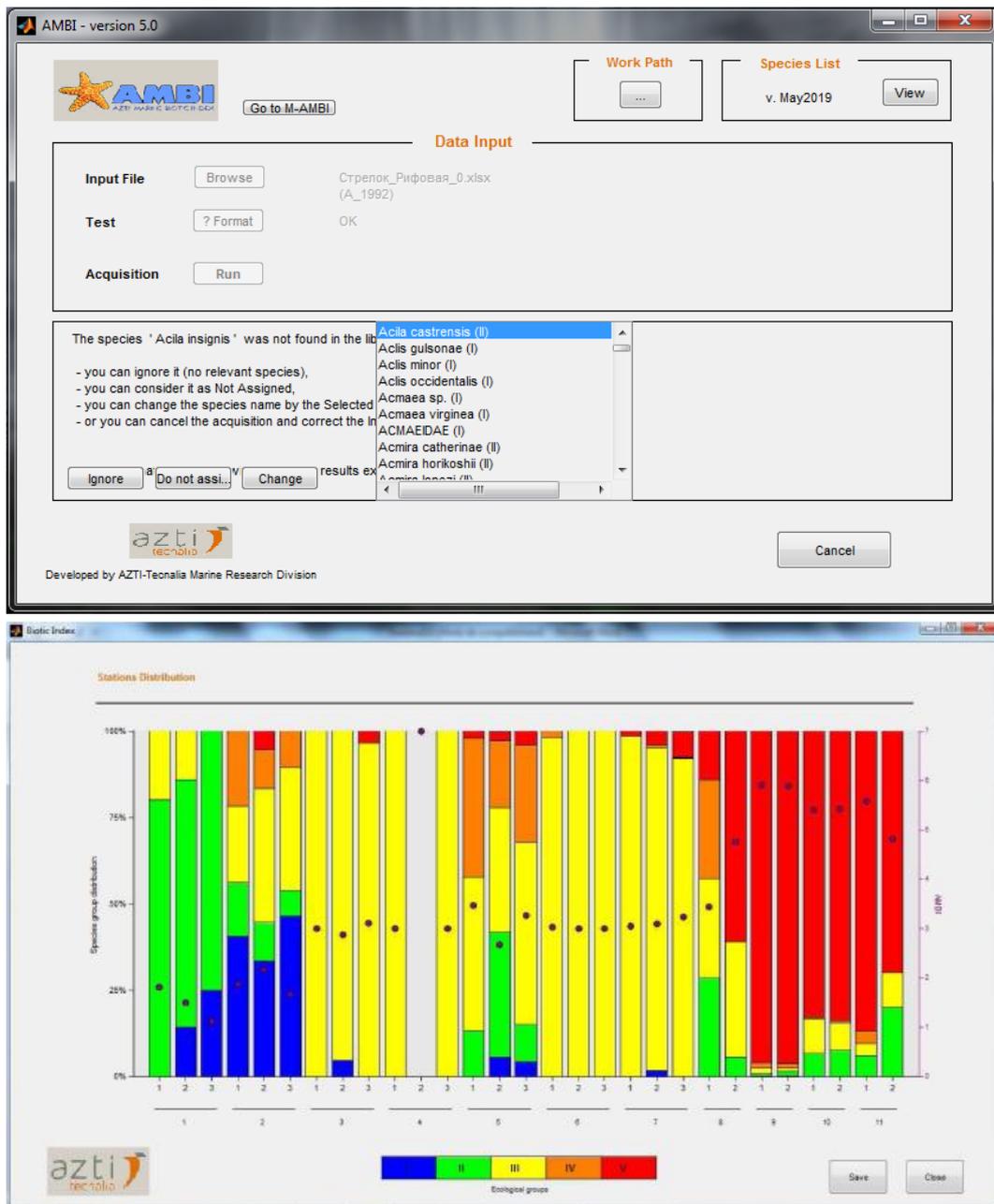


Рисунок 3 – Интерфейс программы для вычисления индексов AMBI и M-AMBI и пример «графической продукции» – величины AMBI по станциям для отдельных проб: одновременно контролируются изменения состояния среды, состава и статуса бентоса, а также достоверность этих вариаций по сходству проб

— В-четвертых – это невероятная наглядность получаемых данных – картографических, в виде диаграмм и т.п., а также возможность их использования для последующих исследований, например, в различных моделях, показывающих причины изменений экологического состояния и статуса бентоса (см. раздел 3.2).

Применение индексов *AMBI* и *M-AMBI* затруднено там, где донная фауна своеобразна и характеризуются наличием множества видов, по той или иной причине не включенных в базу данных программного обеспечения (not assigned; обычно из-за отсутствия достоверной информации об их отношении к  $C_{орг.}$ ). К таким акваториям относится и зал. Петра Великого. В период исследований (1992–2019 гг.) на этой акватории было найдено более 500 видов макрозообентоса и почти у половины из них не известна принадлежность к группе по отношению к органическому углероду. Подавляющее большинство последних являются редкими и малочисленными, и не вносят существенного вклада в значения искомым индексов. Однако некоторые из них – многощетинковые черви *Aphelochaeta pacifica* и *Schistomeringos japonica*, двустворчатые моллюски *Axinopsida subquadrata* и *Protocallithaca adamsi*, офиуры *Amphiodia fissa*, актинии *Edwardsia japonica* – входят в число доминантов или субдоминантов в целом ряде сообществ [23–27]. Кроме того, у авторов вызывает сомнение классификация по экологическим группам некоторых массовых видов бентоса залива. Прежде всего, это титульные виды ряда сообществ макрозообентоса – полихета *Lumbrineris longifolia* (GIV) и форонида *Phoronopsis harmeri* (GI).

Цель нашего исследования – адаптировать индексы *AMBI* и *M-AMBI* для применения на акватории зал. Петра Великого, для чего необходимо выполнить следующие задачи:

1). Проанализировать базу данных *AMBI* с целью выявления возможности классификации видов и более крупных таксонов, не имеющих ассигнации к экологическим группам, по косвенным признакам;

2). Экспериментально изучить таксоны с известной схемой распределения вдоль градиента концентраций органического углерода и определить критерии их классификации по экологическим группам базы *AMBI*, а также виды-эталонные для последующих сравнений;

3). На основе экспериментальных исследований, выявленных критериев и эталонных распределений выяснить экологическую валентность к содержанию органического углерода у видов с неизвестным отношением к этому фактору;

4). Систематизировать вычислительные процедуры и полученные результаты в удобную для практики экологического мониторинга форму.

## 1 Материалы и методы

### 1.1 Используемые данные, отбор и обработка проб

Основным материалом для анализа являются результаты съемок 1996, 2001, 2005, 2016, 2018 и 2019 гг. в зал. Петра Великого на акватории к северу от устья р. Туманной, в Амурском и Уссурийском заливах, проливе Босфор Восточный, бухтах Золотой Рог и Диомид (всего 159 станций) (рисунок 1.1). Пробы грунта отбирали дночерпателем Ван-Вина (0,11 м<sup>2</sup>, 1–4 пробы); на каждой станции часть верхнего слоя осадков (2–3 см) одной из проб замораживали для последующего измерения концентраций загрязняющих веществ, органического углерода ( $C_{орг.}$ ) и определения гранулометрического состава. Для биологического анализа грунт промывали на сите с ячейей 1 мм и фиксировали макробентос 4 %-ным буферным раствором формальдегида. Дополнительно использовали данные экспедиций ФГБУ «ДВНИГМИ» и ННЦМБ «ИБМ ДВО РАН» 1992, 1993, 2006 и 2007 гг., когда содержание  $C_{орг.}$  не определяли (рисунок 1.2).

Концентрации металлов (Cu и Pb), углеводов, фенолов и хлорорганических пестицидов – сумму ДДТ и его метаболитов ДДД и ДДЭ – в донных отложениях измеряли в лаборатории мониторинга загрязнения морских вод ФГБУ «Приморское УГМС» по стандартным методикам Росгидромета [28]. Содержание  $C_{орг.}$  анализировали методом окисления смесью  $K_2Cr_2O_7 - H_2SO_4$  с колориметрическим окончанием в ННЦМБ «ИБМ ДВО РАН» [29, 30]. Гранулометрический состав определяли комбинацией ситового метода и метода А-22 в ФГБУН «ТОИ ДВО РАН» [31, 32]. Таксономическая принадлежность макрозообентоса установлена сотрудниками ФГБУ «ДВНИГМИ» и ННЦМБ «ИБМ ДВО РАН». Животных, определенных до вида или более высокого таксономического ранга, подсчитывали и взвешивали с точностью до 0,01 г после обсушивания на фильтровальной бумаге. Данные пересчитывали на 1 м<sup>2</sup> площади дна. В работе использованы встречаемость и плотность поселения видов (или более крупных таксонов) донных животных.

### 1.2 Анализ данных

Содержание органического углерода в зал. Петра Великого подвержено сильной (в разы) сезонной изменчивости [33, 34]. Так как экспедиционные работы выполняли в разное время – в конце гидрологической весны, разгар лета и т.п., для каждой съемки данные были нормализованы относительно максимальной концентрации  $C_{орг.}$  и выражены в процентах. Такое же преобразование было выполнено и для плотностей поселения найденных видов, учитывая высокую сезонную и межгодовую изменчивость их обилия [27, 35–38].

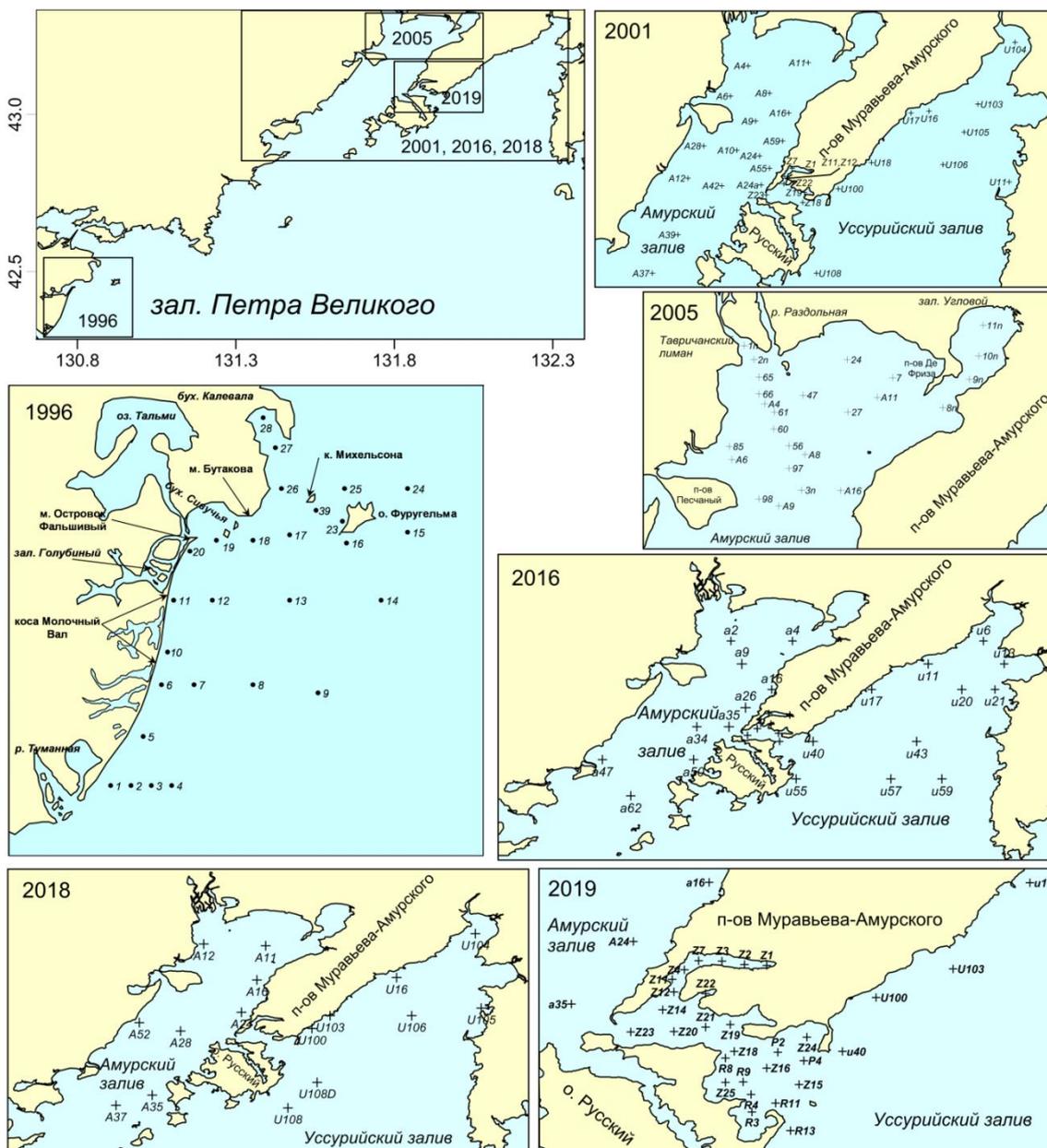


Рисунок 1.1 – Районы работ на акватории зал. Петра Великого в разные годы

Общий уровень загрязнения характеризовали индексом:

$$TPF = (UB + \Phi E + Pb + Cu + \Sigma ДДТ) / 5 \quad (1.1),$$

где UB,  $\Phi E$ , Pb, Cu и  $\Sigma ДДТ$  – 5-ранговые оценки ( $\ln$ -масштаб) содержания углеводородов, фенолов, свинца, меди, суммы ДДТ и его метаболитов [39]. Степень антропогенного нарушения бентоса оценивали методом, который основан на зависимости изменений индекса Шеннона-Винера для двустворчатых моллюсков ( $H_b'$ ) от TPF [40, 41]. Показатели этих нарушений – величины  $ERL_q$  и  $ERM_q$  ( $TPF = 2.8$  и  $3.2$ ), которые ограничивают область прогрессивной деградации – почти линейного падения  $H_b'$ .

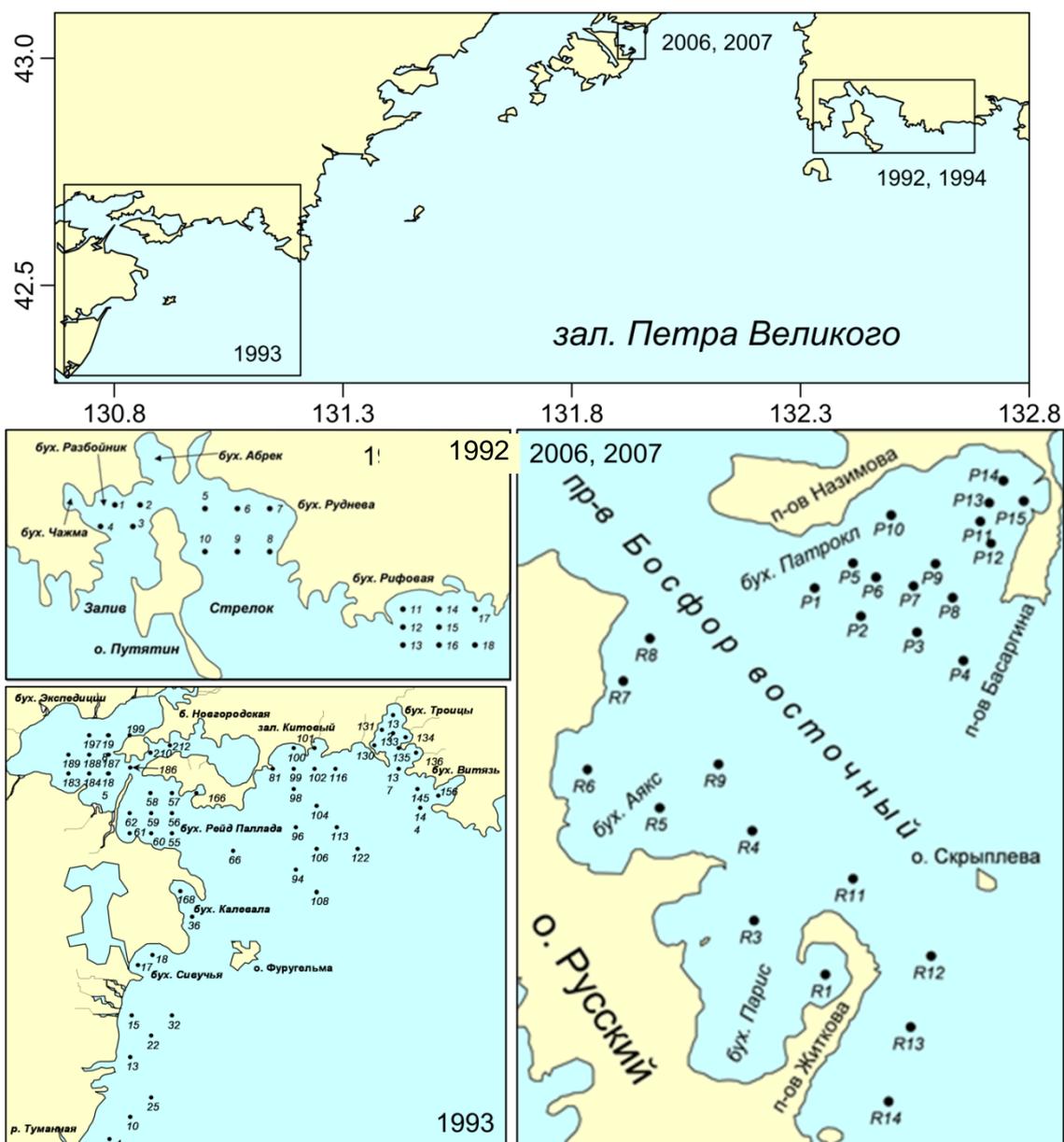


Рисунок 1.2 – Районы работ на акватории зал. Петра Великого в разные годы

### 1.3 Статистический анализ и алгоритм вычислительных процедур

Для описания распределения видов вдоль градиента концентраций органического углерода использовали иерархические модели логистической регрессии Хаусмана-Олфа-Фреско (HOF), реализованные в модуле eHOF статистической среды R [42–45]. Считается, что в настоящее время эти модели позволяют наиболее гибко учитывать всю совокупность априорных исходных ограничений и теоретических предположений, традиционно связываемых с характером кривых отклика, и, вероятно, предоставляют наилучший результат с экологической точки зрения [46]. Основное отличие этого подхода от других моделей – обобщенных линейных и аддитивных, сверхнормы и т. п. – состоит в наличии в уравнениях максимально возможной величины обилия – параметра  $M$  (таблица 1.1).

Всего существует семь типов моделей возрастающей сложности (таблица 1.1, рисунок 1.3). Модель первого типа (I) представляет собой «плоский ответ», означающий отсутствие значимого тренда в обилии вида вдоль градиента фактора среды. В принципе, эта модель может служить нулевой гипотезой и гарантировать, что только виды с отчетливым откликом будут описываться одним из остальных типов моделей. Модель второго типа (II) представляет собой монотонный сигмоид с вершиной на одном из концов градиента, кривая отклика третьего типа (III) также является монотонным сигмоидом, но имеет плато ниже максимального верхнего значения обилия. Кривая четвертого типа (IV) – характеризует классическую форму видовой отклика – одновершинную симметричную модель, V – унимодальную ассиметричную модель, а модели VI и VII типов имеют по два оптимума, причем у шестой они одинаковы.

Таблица 1.1 – Формулы моделей Хаусмана-Олфа-Фреско и число коэффициентов

Модель	Формула	Число коэффициентов
I	$\frac{M}{1 + e^a}$	1
II	$\frac{M}{1 + e^{a+b-x}}$	2
III	$\frac{M}{(1 + e^{a+b \times x}) \times (1 + e^c)}$	3
IV	$\frac{M}{(1 + e^{a+b-x}) \times (1 + e^{c-b-x})}$	3
V	$\frac{M}{(1 + e^{a+b \times x}) \times (1 + e^{c-d \times x})}$	4
VI	$\frac{M}{(1 + e^{a+b \times x}) \times (1 + e^{c-b \times x})} + \frac{M}{(1 + e^{a+b \times (x-d)}) \times (1 + e^{c-b \times (x-d)})}$	4
VII	$\frac{M}{(1 + e^{a+b \times x}) \times (1 + e^{c-b \times x})} + \frac{M}{(1 + e^{a+b \times (x-d)}) \times (1 + e^{c-f \times (x-d)})}$	5

Выбор модели, описывающей распределение вида вдоль градиента фактора среды в наилучшей степени, производится на основе информационных критериев Акаике и Байеса (AIC и BIC, по желанию). Кроме самих кривых откликов, получаемые графики содержат и дополнительную информацию о диапазоне встречаемости вида и самой выборке (характеристики ниши – нижние и верхние квартили, 90 % перцентили, а также выбросы). Характеристики встречаемости вида обычно располагаются в верхней части диаграммы, а самой выборки – в нижней (рисунок 1.3).

К сожалению, у этих моделей есть одно неприятное свойство – в выборке должно присутствовать как минимум 10 ненулевых значений. В нашем случае, такое ограничение ведет к заметному, почти 30 %, сокращению числа видов, чей отклик было бы возможно смоделировать. Поэтому, для видов с частотой встречаемости 5 и более станций в выборку с помощью генератора случайных чисел были добавлены значения 0,1 % (внутри диапазона встречаемости). Это увеличило число «охваченных» моделированием видов до 93 %.

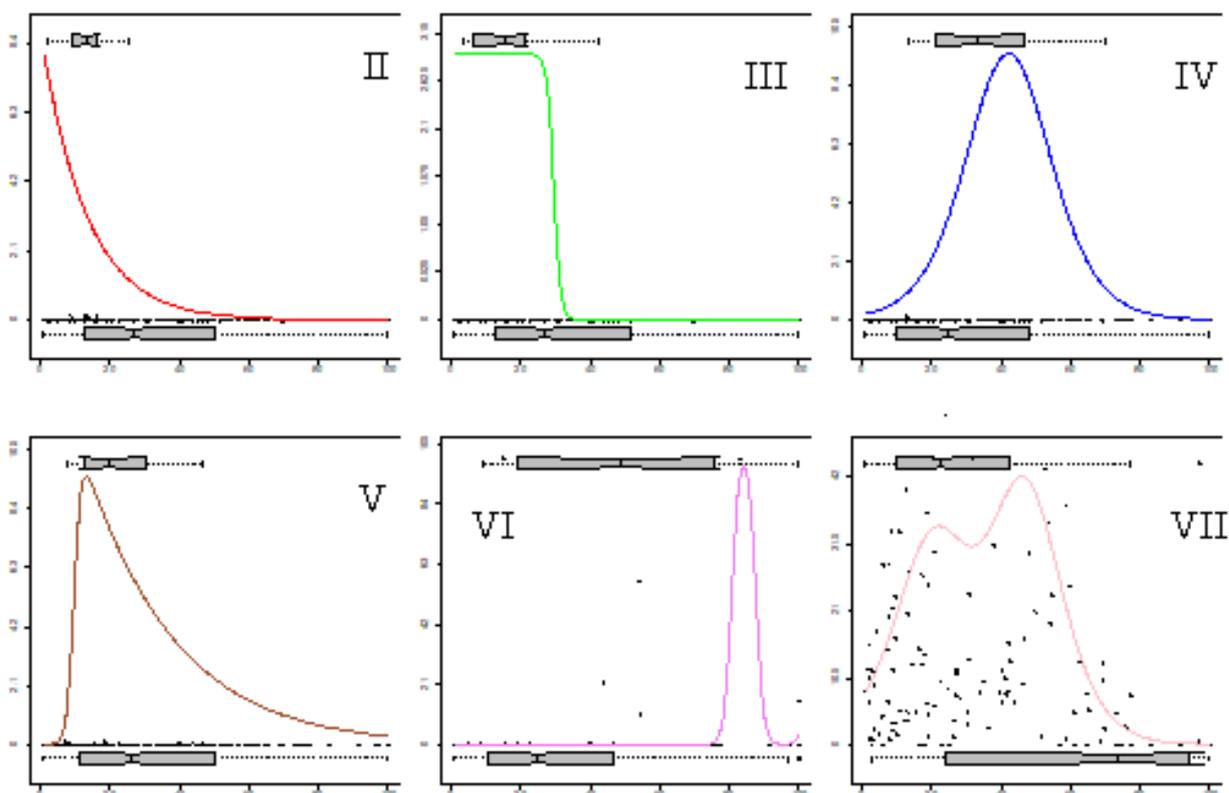


Рисунок 1.3 – Возможные модели распределения видов вдоль градиента фактора среды, получаемые в модуле eNOF (II–VII, модель I типа – прямая горизонтальная линия – не показана). Ось абсцисс – фактор, ось ординат – характеристика обилия. Дополнительная информация в тексте

Расчеты выполняли при помощи следующего алгоритма (на компьютере должна быть установлена среда R и ее необходимые модули [47]).

1. Открываем модули:

```
library(xlsx) (1.2),
```

```
library(eNOF) (1.3),
```

2. Импортируем данные:

```
workbook <- "d:/Название папки/.../Название файла.xlsx" (1.4),
```

```
A <- read.xlsx(workbook, n, row.names="xxx") (1.5),
```

где A – количественная характеристика вида, n – номер листа книги Excel, row.names – столбец листа Excel, который содержит коды станций\* (Point в нашем примере); подготовленные данные в формате Excel показаны на рисунке 1.4.

---

\*Чтобы команда (2) сработала, на компьютере должна быть установлена программа Java. Если название какой-либо папки или файла написано кириллицей, следует переключить клавиатуру на кириллицу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Point	C100	A. insignis	A. macrocephala	Ampharete sp.	A. fissa	Anonyx sp.	A. pacifica	A. catherinae	A. sibirica	A. amurensis
2	16u11	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	18U16	1.5	7	0	0	100	0	0	0	0	0
4	96T7	1.8	0	0	0	12	0	0	0	0	0
5	16u43	2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	01U16	2.1	100	14	10	0	100	0	0	0	0
7	96T8	2.2	0	0	50	0	0	0	0	0	0
8	96T13	2.7	0	0	0	59	0	0	0	0	0
9	96T16	2.7	100	0	0	76	100	0	0	0	0
10	01U17	2.8	60	25	17	0	0	0	0	0	0
11	96T9	3.1	0	100	45	0	25	7	0	0	0
12	01U108	3.6	0	100	100	0	0	0	0	0	0
13	01Z18	3.6	0	0	0	0	0	4	0	0	0
14	01Z19	3.6	8	0	0	0	0	0	0	0	0
15	96T5	4.4	0	0	71	7	0	0	0	7	0
16	96T26	4.9	0	0	45	53	0	3	0	0	0
17	01U106	5.7	0	0	17	0	0	0	0	0	0
18	01Z22	5.7	0	0	0	0	0	23	0	0	0
19	18U108	5.8	0	67	35	0	100	0	100	0	0
20	96T14	5.8	0	2	0	23	79	0	0	0	0
21	16u17	6.0	0	33	0	0	0	0	0	0	0
22	18U103	6.4	19	0	19	67	0	0	15	0	0
23	01A42	6.5	1	31	28	0	0	0	0	0	0
24	01U18	7.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	18U108D	7.4	0	100	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 1.4 – Пример данных в формате Excel (фрагмент). C100 – нормированный углерод (%)

3. Затем можно проверить то, что получилось:

`fix(A)` (1.6).

4. «Прикрепляем» наши данные:

`attach(A)` (1.7).

5. Просто смотрим на них и выбираем начальную величину параметра  $M$ :

`plot(A$C100, название вида)` (1.8),

пример показан на рисунке 1.5. Родовое и видовое названия пишутся через точку, например *Schistomeringos.japonica*, *Sigambra.bassi*.

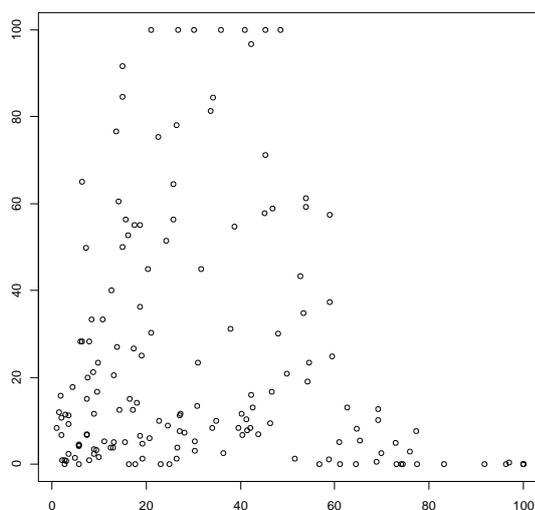


Рисунок 1.5 – Пример выполнения команды (7). Оси абсцисс и ординат – соответственно нормализованное содержание углерода и относительное обилие (%). В данном случае параметр  $M$  должен быть равен 100 или немного больше

6. Выбираем один или несколько видов:

```
sel <- c('название вида') (1.9),
```

```
sel <- c('название вида 1', ... 'название вида n') (1.10).
```

7. Выполняем моделирование:

```
mods <- HOF(A[match(sel, names(A))], A$C100, M=max,  
            family=gaussian, bootstrap=NULL) (1.11),
```

где  $M$  – ваше максимальное значение, family может быть binomial, poisson, gaussian, в зависимости от данных (соответственно дискретные двоичные, целые и непрерывные).

8. Выводим результаты выбора наилучшей модели (по AIC; рисунок 1.6):

```
mods (1.12).
```

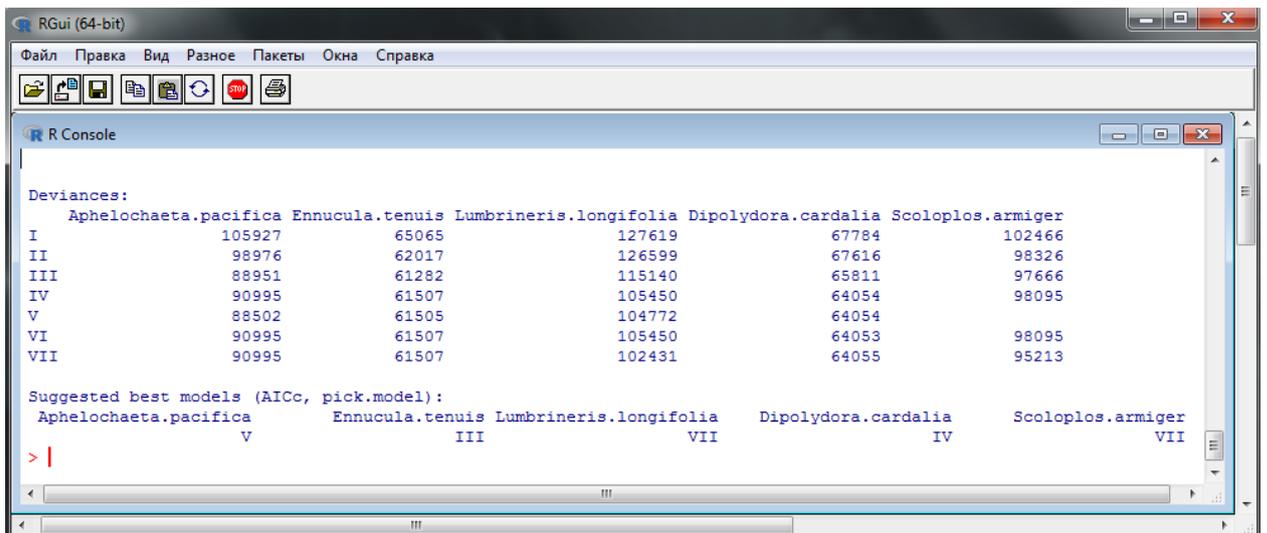


Рисунок 1.6 – Пример выполнения команды (11)

9. Строим кривые отклика, сначала для наилучшей по AIC модели, затем, если потребуется, все возможные:

```
plot(mods, onlybest=TRUE) (1.13),
```

```
plot(mods, onlybest=FALSE) (1.14).
```

## 2 Распределение видов макрозообентоса вдоль градиента концентрации органического углерода в заливе Петра Великого

В период работ (1992–2019 гг.) на исследованных акваториях залива Петра Великого было найдено 528 видов и таксонов более высокого ранга макрозообентоса. К 2019 г. 266 из них были включены в базу АМБИ; из них встречаемость 105 видов позволяет проанализировать их распределение вдоль градиента содержания органического углерода статистическими методами. Среди оставшихся 262 видов, у 189 – имеется информация о групповой принадлежности других представителей рода (годных к моделированию – 38), у 73 видов таких данных нет (15). Экспертные оценки получены для 230 видов неизвестной ассигнации.

### 2.1 Анализ базы данных АМБИ

В таблице 2.1 суммирована информация для животных известной приписки к экологическим группам по отношению к концентрациям органического углерода. Целый ряд таких видов и таксонов более высокого ранга имеет частоту встречаемости, которая удовлетворяет требования моделирования либо полностью, либо после коррекции. Это неопределенные до вида представители семейства мальданид и гаммарид, *Lumbrineris japonica*, *Lumbrineris* sp., *Onuphis* sp., *Philine* sp., *Nereis longior galinae*, *Nereis zonata*, *Aricidea uschakovi*, *Caprella* sp., *Asychis* sp., *Neomysis* sp., *Nicolea* sp., *Ophelia limacina*, *Phyllodoce* sp. и некоторые другие животные. Однако эти представители донной фауны были найдены, главным образом, на акваториях, где определение  $C_{орг}$  не выполняли, что полностью исключило возможность статистического анализа.

Для всех видов, перечисленных в таблице 2.1, следует воспользоваться «готовой» ассигнацией базы данных АМБИ. Однако это не исключает ошибочность такой приписки (см. раздел 2.2). Поэтому можно рекомендовать использовать собственные наблюдения, если таковые имеются. Необходимо подчеркнуть, что виды, представленные в базе АМБИ в открытой номенклатуре – *Ampelisca* sp., *Aphrodita* sp., *Corophium* sp., *Euchone* sp., *Glycinde* sp., *Lumbrineris* sp., *Onuphis* sp., *Retusa* sp., *Terebellides* sp. и ряд других – вряд ли являются теми же видами в списке представителей макрозообентоса залива Петра Великого. Для приписки этих животных следует применить приемы, описанные ниже.

Ситуация с видами, не имеющими ассигнации в базе АМБИ, естественно, гораздо сложнее (таблица 2.2). Их классификация основана на следующей информации:

1). Принадлежность других представителей этого рода к группам по отношению к  $C_{орг}$ , что хоть в какой-то степени позволяет оценить вероятность справедливости принимаемого решения;

Таблица 2.1 – Некоторые характеристики видов макрозообентоса известной ассигнации к группам по отношению к концентрациям органического углерода, неподлежащих экспериментальному исследованию

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Группа по базе <i>AMBI</i> (Май 2019)	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе <i>AMBI</i> )	Предложение А. Воржа	Рекомендация (группа для вычисления <i>AMBI</i> и <i>M-AMBI</i> )
<i>Alpheus brevicristatus</i>	Decapoda	1	II	18 (II)	II	—	II
<i>Ampelisca</i> sp.	Amphipoda	1	I	60 (57-I, II-11, III-1)	I	—	I
<i>Ampharete acutifrons</i>	Polychaeta	4	II	19 (7-I, 10-II, 2-III)	II	—	II
<i>Ampharete sibirica</i>	Polychaeta	1	I	19 (7-I, 10-II, 2-III)	II	—	I
<i>Amphioplus macraspis</i>	Ophiura	1	I	9 (3-I, 6-II)	II	I	I
<i>Amphipholis kochii</i>	Ophiura	6	I	6(I)	I	—	I
<i>Anadara broughtoni</i>	Bivalvia	1	IV	13 (4-I, 1-II, 5-IV)	IV	—	IV
<i>Anisocorbula venusta</i>	Bivalvia	2	IV	3 (IV)	IV	IV	IV
<i>Anisogammarus pugettensis</i>	Amphipoda	1	II	1(II)	II	—	II
<i>Anobothrus gracilis</i>	Polychaeta	2	III	4 (1-I, 1-II, 2-III)	III	—	III
<i>Aphrodita</i> sp.	Polychaeta	2	I	7 (I)	I	I	I
<i>Arabella iricolor</i>	Polychaeta	1	I	5 (4-I, 1-II)	I	—	I
<i>Arabella</i> sp.	Polychaeta	2	I	5 (4-I, 1-II)	I	I	I
<i>Arcuatula senhousia</i>	Bivalvia	3	III	3 (2-II, 1-III)	II	—	II
<i>Arctolembos arcticus</i>	Amphipoda	1	I	1 (I)	I	—	I
<i>Aricidea uschakovi</i>	Polychaeta	9	I	51 (38-I, 11-II, 1-III, 1-IV)	I	I	I
<i>Astarte borealis</i>	Bivalvia	3	I	13 (12-I, 1-II)	I	—	I
<i>Astarte montagui</i>	Bivalvia	2	I	13 (12-I, 1-II)	I	I	I
Asteroidea fam. gen. sp.	Asteroidea	2	I	—	—	—	I
<i>Asychis disparidentata</i>	Polychaeta	1	II	6 (2-I, 4-II)	II	II	II
<i>Asychis</i> sp.	Polychaeta	7	II	6 (2-I, 4-II)	II	II	II
<i>Batillaria cumingii</i>	Gastropoda	2	II	2 (II)	II	—	II
<i>Brada villosa</i>	Polychaeta	1	I	5 (I)	I	—	I
<i>Byblis gaimardi</i>	Amphipoda	1	I	7 (6-I, 1-II)	I	—	I
<i>Caprella scaursa diceros</i>	Amphipoda	1	II	24 (II)	II	II	II
<i>Caprella</i> sp.	Amphipoda	9	II	24 (II)	II	II	II
Chironomidae gen. sp.	Diptera	2	III	—	—	—	III
<i>Chone infundibuliformis</i>	Polychaeta	3	II	22 (II)	II	—	II
<i>Cingulina cingulata</i>	Polychaeta	1	I	1 (I)	I	—	I

Продолжение таблицы 2.1

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Группа по базе <i>AMBI</i> (Май 2019)	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе <i>AMBI</i> )	Предложение А. Воржа	Рекомендация (группа для вычисления <i>AMBI</i> и <i>M-AMBI</i> )
<i>Cirratulidae</i> gen. sp.	Polychaeta	4	IV	—	—	—	IV
<i>Cistenides hyperborea</i>	Polychaeta	2	I	3 (2-I, 1-II)	I	—	I
<i>Corophium</i> sp.	Amphipoda	2	III	33 (1-II, 32-III)	III	III	III
<i>Crangon septemspinosa</i>	Decapoda	2	I	11 (4-I, 7-II)	II	—	I
<i>Crenella decussata</i>	Bivalvia	2	I	2 (1-I, 1-II)	I-II	—	I
<i>Cucumaria</i> sp.	Holothuroidea	1	I	5 (I)	I	I	I
Decapoda fam. gen. sp.	Decapoda	12	II	—	—	—	II
<i>Diastylis bidentata</i>	Cumacea	1	I	30 (9-I, 16-II, 4-III)	II	—	I
<i>Dimorphostylis asiatica</i>	Cumacea	3	I	1 (I)	I	—	I
<i>Dipolydora</i> sp.	Polychaeta	1	IV	12 (IV)	IV	IV	IV
<i>Dulichia</i> sp.	Amphipoda	1	III	3 (III)	III	III	III
Echiurida fam. gen. sp.	Echiurida	2	I	—	—	—	I
<i>Echiurus echiurus</i>	Echiurida	4	II	3 (2-II, 1-III)	II	—	II
<i>Eteone spetsbergensis</i>	Polychaeta	1	III	16 (6-II, 9-III, 1-IV)	III	—	III
<i>Euchone</i> sp.	Polychaeta	3	II	9 (8-II, 1-III)	II	II	II
<i>Eulalia</i> sp.	Polychaeta	1	II	20 (1-I, 19-II)	II	II	II
<i>Eumida sanguinea</i>	Polychaeta	6	II	9 (II)	II	—	II
<i>Eumida</i> sp.	Polychaeta	1	II	9 (II)	II	II	II
Eunicidae gen. sp.	Polychaeta	3	II	—	—	—	II
<i>Euspira pallida</i>	Gastropoda	1	II	11 (II)	II	—	II
Gammaridea fam. gen. sp.	Amphipoda	18	I	—	—	—	I
<i>Glycera chirori</i>	Polychaeta	5	II	36 (1-I, 34-II, 1-IV)	II	—	II
<i>Glycera nana</i>	Polychaeta	2	II	36 (1-I, 34-II, 1-IV)	II	—	II
<i>Glycera onomichiensis</i>	Polychaeta	1	II	36 (1-I, 34-II, 1-IV)	II	—	II
<i>Glycinde</i> sp.	Polychaeta	1	II	13 (11-II, 2-IV)	II	II	II
<i>Goniada</i> sp.	Polychaeta	2	II	9 (II)	II	II	II
<i>Halosydna brevisetosa</i>	Polychaeta	1	II	6 (II)	II	—	II
<i>Halosydna</i> sp.	Polychaeta	5	II	6 (II)	II	II	II
<i>Haploops tubicola</i>	Amphipoda	1	III	7 (III)	III	—	III
<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	Decapoda	1	II	6 (4-II)	II	—	II
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	Decapoda	2	II	6 (4-II)	II	II	II

Продолжение таблицы 2.1

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Группа по базе <i>AMBI</i> (Май 2019)	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе <i>AMBI</i> )	Предложение А. Воржа	Рекомендация (группа для вычисления <i>AMBI</i> и <i>M-AMBI</i> )
<i>Heteromastus filiformis</i>	Polychaeta	1	IV	4 (1-III, 3-IV)	IV		IV
<i>Heteromastus</i> sp.	Polychaeta	1	IV	4 (1-III, 3-IV)	IV	IV	IV
<i>Hiatella arctica</i>	Bivalvia	4	I	5(I)	I	—	I
Hirudinea fam. gen. sp.	Hirudinea	1	IV	—	—	—	IV
<i>Hoploneurtea</i> sp.	Nemertea	4	II	1 (II)	II	II	II
<i>Hyas</i> sp.	Decapoda	1	I	3 (I)	I	I	I
<i>Ischyrocerus</i> sp.	Amphipoda	1	II	6 (1-I, 5-II)	II	II	II
<i>Lagis koreni</i>	Polychaeta	1	IV	4 (2-I, 2-IV)	I, IV	—	IV
<i>Lamispina schmidtii</i>	Polychaeta	1	I	2 (I)	I	—	I
<i>Lamprops quadriplicata</i>	Cumacea	1	I	5 (I)	I	I	I
<i>Lanassa</i> sp.	Polychaeta	3	I	2 (I)	I	I	I
<i>Lanassa venusta venusta</i>	Polychaeta	1	I	2 (I)	I	—	I
<i>Laonice</i> sp.	Polychaeta	2	III	8 (3-II, 5-III)	III	III	III
Leptostraca fam. gen. sp.	Leptostraca	1	II	—	—	—	II
<i>Leucon nasica</i>	Cumacea	4	II	14 (1-I, 13-II)	II	—	II
<i>Limecola balthica</i>	Bivalvia	1	III	1 (III)	III	—	III
Limnoria sp.	Isopoda	1	III	3 (III)	III	III	III
<i>Lineus</i> sp.	Nemertea	1	III	9 (III)	III	III	III
<i>Luidia quinaria</i>	Asteroidea	2	I	4 (I)	I	—	I
<i>Lumbrineris japonica</i>	Polychaeta	11	II	62 (5-I, 55-II, 1-III, 1-IV)	II	—	II
<i>Lumbrineris</i> sp.	Polychaeta	16	I	62 (5-I, 55-II, 1-III, 1-IV)	II	II	II
Lysianassidae gen. sp.	Amphipoda	2	I	—	—	—	I
<i>Mactra chinensis</i>	Bivalvia	2	I	10 (9-I, 1-II)	I	—	I
<i>Magelona berkeleyi</i>	Polychaeta	2	I	26 (21-I, 5-II)	I	—	I
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	Polychaeta	4	V	8 (6-III, 2-V)	III	—	V
Maldanidae gen. sp.	Polychaeta	19	I	—	—	—	I
<i>Mediomastus</i> sp.	Polychaeta	2	III	10 (1-I, 5-III, 4-IV)	III	III	III
<i>Melanochlamys diomedea</i>	Gastropoda	3	I	1 (I)	I	—	I
<i>Melinna</i> sp.	Polychaeta	1	III	8 (2-II, 6-III)	III	III	III
<i>Melita dentata</i>	Amphipoda	1	I	13 (10-I, 3-III)	I	I	I
<i>Metasychis gotoi</i>	Polychaeta	1	II	2 (1-I, 1-II)	I-II	—	II

Продолжение таблицы 2.1

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Группа по базе <i>AMBI</i> (Май 2019)	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе <i>AMBI</i> )	Предложение А. Воржа	Рекомендация (группа для вычисления <i>AMBI</i> и <i>M-AMBI</i> )
<i>Monocorophium acherusicum</i>	Amphipoda	2	III	6 (III)	III	—	III
<i>Monoculodes tuberculatus</i>	Amphipoda	2	I	17 (16-I, 1-II)	I	—	I
<i>Musculista senhousia</i>	Bivalvia	3	III	1 (III)	III	III	III
<i>Mya arenaria</i>	Bivalvia	2	II	3 (II)	II	—	II
<i>Mysella</i> sp.	Bivalvia	1	III	8 (2-II, 5-III, 1-IV)	III	III	III
<i>Mytilus edulis</i>	Bivalvia	5	III	6 (III)	III	—	III
<i>Myxicola</i> sp.	Polychaeta	5	II	4 (II)	II	II	II
<i>Neanthes</i> sp.	Polychaeta	1	III	22 (1-I, 1-II, 20-III)	III	III	III
<i>Nectoneanthes latipoda</i>	Polychaeta	1	III	5 (III)	III	III	III
<i>Nectoneanthes oxypoda</i>	Polychaeta	1	III	5 (III)	III	—	III
<i>Neomysis</i> sp.	Mysida	7	II	6 (II)	II	II	II
<i>Nephtys ciliata</i>	Polychaeta	2	II	37 (2-I, 33-II, 2-III)	II	—	II
<i>Nephtys longosetosa</i>	Polychaeta	2	II	37 (2-I, 33-II, 2-III)	II	—	II
<i>Nereiphylla castanea</i>	Polychaeta	1	II	7 (II)	II	—	II
<i>Nereis longior galinae</i>	Polychaeta	10	III	38 (2-II, 34-III)	III	—	III
<i>Nereis zonata</i>	Polychaeta	8	III	38 (2-II, 34-III)	III	—	III
<i>Nicolea</i> sp.	Polychaeta	7	II	4 (II)	II	II	II
<i>Nicomache lumbricalis</i>	Polychaeta	3	II	6 (II)	II	—	II
<i>Nicomache</i> sp.	Polychaeta	1	II	6 (II)	II	II	II
<i>Nihonotrypaea japonica</i>	Decapoda	1	III	2 (III)	III	—	III
<i>Obelia longissima</i>	Hydrozoa	5	II	5 (II)	II	—	II
<i>Onuphis</i> sp.	Polychaeta	14	II	11 (2-I, 9-II)	II	II	II
<i>Ophelia limacina</i>	Polychaeta	7	I	12 (I)	I	—	I
<i>Oratosquilla oratoria</i>	Stomatopoda	1	I	2 (I)	I	—	I
<i>Orbinia</i> sp.	Polychaeta	1	I	12 (I)	I	—	I
<i>Orchomenella pinguis</i>	Amphipoda	2	II	7 (II)	II	—	II
<i>Pandalus</i> sp.	Decapoda	2	II	5 (II)	II	II	II
Paraonidae gen. sp.	Polychaeta	2	II	—	—	—	II
<i>Pectinaria</i> sp.	Polychaeta	1	I	13 (10-I, 2-II, 1-IV)	I	I	I
<i>Philine</i> sp.	Gastropoda	14	II	15 (II)	II	II	II
<i>Photis reinhardi</i>	Amphipoda	1	I	12 (7-I, 5-II)	I	—	I

Продолжение таблицы 2.1

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Группа по базе <i>AMBI</i> (Май 2019)	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе <i>AMBI</i> )	Предложение А. Ворҗа	Рекомендация (группа для вычисления <i>AMBI</i> и <i>M-AMBI</i> )
<i>Phyllodoce citrina</i>	Polychaeta	3	II	33 (31-II, 1-III, 1-IV)	II	—	II
<i>Phyllodoce maculata</i>	Polychaeta	4	II	33 (31-II, 1-III, 1-IV)	II	—	II
<i>Phyllodoce</i> sp.	Polychaeta	7	II	33 (31-II, 1-III, 1-IV)	IV	II	II
<i>Pillucina pisidium</i>	Bivalvia	1	I	4 (I)	I	I	I
<i>Pinnixa</i> sp.	Decapoda	4	I	17 (12-I, 5-II)	I	I	I
<i>Platynereis bicanaliculata</i>	Polychaeta	1	II	6 (1-II, 5-III)	III	—	II
<i>Pontogeneia rostrata</i>	Amphipoda	5	II	1 (II)	II	—	II
<i>Pontoporeia femorata</i>	Amphipoda	1	I	3 (I)	I	—	I
<i>Potamilla</i> sp.	Polychaeta	5	II	7 (II)	II	II	II
<i>Prionospio steenstrupi</i>	Polychaeta	2	IV	42 (8-II, 5-III, 29-IV)	IV	—	IV
<i>Protomedeia microdactyla</i>	Amphipoda	5	II	7 (II)	II	—	II
<i>Pseudopolydora kempji japonica</i>	Polychaeta	1	IV	9 (1-III, 8-IV)	IV	—	IV
<i>Pseudopotamilla reniformis</i>	Polychaeta	1	II	3 (II)	II	—	II
<i>Pseudopotamilla</i> sp.	Polychaeta	1	II	3 (II)	II	—	II
<i>Pseudoscalibregma parvum</i>	Polychaeta	1	III	1 (III)	III	—	III
<i>Retusa</i> sp.	Gastropoda	1	II	12 (3-I, 9-II)	II	II	II
Rissoidae gen. sp.	Gastropoda	2	I	—	—	—	I
<i>Ruditapes philippinarum</i>	Bivalvia	2	III	2 (1-I, 1-III)	I, III	—	III
<i>Scalibregma</i> sp.	Polychaeta	1	III	4 (1-II, 3-III)	III	III	III
<i>Scapharca broughtoni</i>	Bivalvia	2	IV	5 (IV)	IV	IV	IV
<i>Scoletoma fragilis</i>	Polychaeta	1	II	19 (17-II, 2-III)	II	—	II
<i>Sphaerodoridium minutum</i>	Polychaeta	5	II	5 (II)	II	—	II
<i>Spio</i> sp.	Polychaeta	4	III	17 (3-II, 14-III)	III	III	III
<i>Syllis</i> sp.	Polychaeta	1	II	52 (2-I, 39-II, 11-III)	II	II	II
<i>Syrrhoe crenulata</i>	Amphipoda	3	II	1 (II)	II	—	II
Tanaidacea gen. sp.	Malacostraca	1	II	—	—	—	II
<i>Terebellides</i> sp.	Polychaeta	4	I	13 (9-I, 3-II, 1-III)	I	—	I
<i>Terebellides stroemii</i>	Polychaeta	2	II	13 (9-I, 3-II, 1-III)	I	—	I
<i>Thyasira gouldi</i>	Bivalvia	2	I	17 (4-I, 5-II, 7-III, 1-IV)	III	—	I
<i>Thyasira</i> sp.	Bivalvia	1	II	17 (4-I, 5-II, 7-III, 1-IV)	III	II	II
<i>Tiron spiniferus</i>	Amphipoda	1	I	4 (I)	I	—	I

Продолжение таблицы 2.1

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Группа по базе <i>AMBI</i> (Май 2019)	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе <i>AMBI</i> )	Предложение А. Воржа	Рекомендация (группа для вычисления <i>AMBI</i> и <i>M-AMBI</i> )
<i>Travisia</i> sp.	Polychaeta	1	I	7 (I)	I	I	I
<i>Turbonilla</i> sp.	Gastropoda	1	I	16 (I)	I	I	I
<i>Turtonia minuta</i>	Bivalvia	3	II	1 (II)	II	—	II
<i>Urechis unicinctus</i>	Echiurida	1	II	3 (I-II, 1-III)	I, III	—	II
<i>Urticina</i> sp.	Actiniaria	1	I	2 (I)	I	I	I
Veneridae gen. sp.	Bivalvia	1	I	—	—	—	I
<i>Westwoodilla caecula</i>	Amphipoda	2	II	6 (II)	II	—	II
<i>Yoldia notabilis</i>	Bivalvia	4	I	7 (I)	I	I	I

2) Рекомендации эксперта – Анжела Боря (A. Borja, PhD, DSc, Морская исследовательская группа Бентос UPV/EHU), авторству которого и принадлежит индекс AMBI;

3) Результаты собственных полевых наблюдений.

Следует подчеркнуть, что из 145 видов с известной припиской, ассигнация 139 совпадает с наиболее вероятной классификацией базы AMBI и, следовательно, вероятность определения валентности к  $C_{орг.}$  у таксонов неизвестных экологических групп по этому признаку весьма высока и составляет 95,9 %.

Использование данной информации можно проиллюстрировать следующими примерами. Брюхоногий моллюск *Aglaja gigliolii* встречался только в открытых районах заливов Посьета, Стрелок и бухты Рифовой (19 станций). Все эти районы характеризуются, главным образом, либо песчаными, либо алевритовыми осадками с заметной примесью песчаной фракции, и крайне низким уровнем их загрязнения, что, в целом, предполагает и низкие концентрации органического углерода. В базе AMBI имеются только два представителя этого рода, оба отнесены к GI; рекомендация А. Боря для *A. gigliolii* – GI (таблица 2.2). В итоге, с большой вероятностью, можно согласиться с мнением эксперта, собственными наблюдениями и отнести *A. gigliolii* к группе I. Там же, в мористой части залива Посьета на 11 станциях найден двустворчатый моллюск *Yoldia keppeliana*; все семь представителей этого рода ассигнованы к группе I базы AMBI, мнение эксперта и соответствующая приписка – GI. Вывод: *Y. keppeliana* следует поместить в группу GI.

Другая ситуация. Двустворчатый моллюск *Macoma shiashkotanica*, гастропода *Nassarius fraterculus*, полихеты *Maldanella antarctica*, *Prionospio membranacea*, *Pseudopolydora achaeta* за весь период исследований были встречены лишь по одному разу (таблица 2.2.). Для первого имеется информация о 30 родственных видах (два из них отнесены к GI, 15 – к GII, 12 – к GIII), для второго – о 44 (1-I, 36-II, 4-III, 3-IV). Список видов рода с известной припиской третьего включает четыре вида, причем все они отнесены к GV, четвертого – 42 (8-II, 5-III, 29-IV), пятого – девять (1-III, 8-IV). Наиболее вероятное решение – приписать *M. shiashkotanica* и *N. fraterculus* к группе II, *M. antarctica* к группе V, *P. membranacea* и *P. achaeta* – к группе IV, что в большинстве случаев совпадает с мнением эксперта.

Наконец, целый ряд животных в период исследований также были найдены только по одному разу, однако информации об их близкородственных представителях отсутствует. Это амфиподы *Najna conciliorum*, *Onisimus normani*, двустворчатые моллюски *Azumapecten farreri*, *Crenomytilus grayanus*, гастроподы *Charisma candida*, *Guraleus deshayesii*, полихеты *Tylorrhynchus heterochaetus*, *Disoma* sp., немертина *Callinera* sp., морской желудь *Hesperibalanus hesperius*, десятиногие раки *Glebocarcinus amphioetus*, *Spirontocaris* sp.,

Таблица 2.2 – Некоторые характеристики видов макрозообентоса с неизвестной ассигнацией к группам по отношению к концентрациям органического углерода, неподлежащих экспериментальному исследованию

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе AMBI)	Предложение А. Ворҗа	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
<i>Abrina shiashkotanica</i>	Bivalvia	2	3 (II)	II	II	II
<i>Acanthomysis stelleri</i>	Mysida	2	1 (II)	II	II	II
<i>Aglaja gigliolii</i>	Gastopoda	19	2 (I)	I	I	I
<i>Alitta brandti</i>	Polychaeta	1	2 (III)	III	III	III
<i>Ampharete reducta</i>	Polychaeta	1	19 (7-I, 10-II, 2-III)	II	III	III
<i>Anonyx laticoxae</i>	Amphipoda	2	4 (II)	II	II	II
<i>Anonyx pavlovskii</i>	Amphipoda	1	4 (II)	II	II	II
<i>Apoprionospio nova</i>	Polychaeta	2	3 (1-II, 1-IV)	II или IV	II	II
<i>Arcturus crenulatus</i>	Isopoda	2	—	—	II	II
<i>Assiminea possietica</i>	Gastopoda	2	4 (II)	II	II	II
Atelecyclidae gen. sp.	Decapoda	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Athenaria</i> sp. (juv.)	Actiniaria	8	—	Actiniaria (II)	—	II
<i>Atylus ekmani</i>	Amphipoda	1	8 (I)	I	—	I
<i>Axiothella catenata</i>	Polychaeta	1	6 (I)	I	I	I
<i>Azumapecten farreri</i>	Bivalvia	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Balanus crenatus</i>	Cirripedia	2	1 (II)	II	—	II
<i>Balanus rostratus</i>	Cirripedia	4	1 (II)	II	III	III
<i>Baseodiscus princeps</i>	Nemertea	1	2 (III)	III	III	III
<i>Bathymedon ivanovi</i>	Amphipoda	1	3 (II)	II	II	II
<i>Bathymedon</i> sp.	Amphipoda	1	3 (II)	II	II	II
<i>Bathymedon tilesii</i>	Amphipoda	1	3 (II)	II	—	II
<i>Bispira</i> sp.	Polychaeta	4	6 (5-I, 1-II)	I	—	I
Brachiura fam. gen. sp.	Brachiura	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Cadella lubrica</i>	Bivalvia	5	2 (I)	I	I	I
Calcarea fam. gen. sp.	Spongia	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Callinera</i> sp.	Nemertea	1	—	—	—	Игнорировать

Продолжение таблицы 2.2

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе AMBI)	Предложение А. Vorja	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
<i>Cancer amphioeticus</i>	Decapoda	3	8 (6-II, 1-III)	II	II	II
<i>Cancer</i> sp.	Decapoda	2	8 (6-II, 1-III)	II	—	II
<i>Caprella acanthogaster</i>	Amphipoda	2	24 (II)	II	II	II
<i>Caprella exelsa</i>	Amphipoda	1	24 (II)	II	II	II
<i>Carinoma</i> sp.	Nemertea	1	3, (1-II, 2-III)	III	—	III
<i>Carinomella</i> sp.	Nemertea	5	1 (I)	I	I	I
<i>Cerianthus</i> sp.	Anthozoa	1	4 (I)	I	—	I
<i>Charisma candida</i>	Gastropoda	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Cheilonereis</i> sp.	Polychaeta	4	—	—	—	V
<i>Chirimia punctata</i>	Polychaeta	1	5 (II)	II	—	II
<i>Chlamys farreri nipponensis</i>	Bivalvia	1	10 (8-I, 1-II, 1-III)	I	I	I
<i>Chone teres</i>	Polychaeta	5	22 (II)	II	II	II
<i>Cistenides brevicoma</i>	Polychaeta	1	3 (2-I, 1-II)	I	I	I
<i>Cistenides soldatovi</i>	Polychaeta	1	3 (2-I, 1-II)	I	I	I
<i>Clinocardium californiense</i>	Bivalvia	1	2 (I)	I	I	I
<i>Clinocardium ciliatum</i>	Bivalvia	1	2 (I)	I	I	I
<i>Corophium steinegeri</i>	Amphipoda	1	33 (1-II, 32-III)	III	III	III
<i>Crangon dalli</i>	Decapoda	1	11 (4-I, 7-II)	II	II	II
<i>Crenella leana</i>	Bivalvia	1	2 (1-I, 1-II)	I-II	II	II
<i>Crenomytilus grayanus</i>	Bivalvia	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Cryptobranchia lima</i>	Gastropoda	1	—	—	I	I
<i>Cryptonatica</i> sp.	Gastropoda	1	1 (II)	II	II	II
<i>Cyclobrachia</i> sp.	Polychaeta	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Cylichnatys incisula</i>	Opisthobranchia	2	1 (I)	I	I	I
<i>Cytharella deshays</i>	Gastropoda	1	1 (I)	I	I	I
<i>Demonax fullo</i>	Polychaeta	1	6 (I)	I	I	I
<i>Derjuginella (Pyrgolampros) petri</i>	Gastropoda	2	—	—	I	I
<i>Diplodonta semiosperoides</i>	Bivalvia	5	11 (I)	I	II	II

Продолжение таблицы 2.2

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе AMBI)	Предложение А. Vorja	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
<i>Disoma</i> sp.	Polychaeta	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Distolasterias nipon</i>	Asteroidea	1	—	—	I	I
<i>Dosinia angulosa</i>	Bivalvia	1	14 (I)	I	I	I
<i>Dosinia penicillata</i>	Bivalvia	2	14 (I)	I	I	I
<i>Echinarachnius parma</i>	Echinoidea	8	—	—	I	I
<i>Egilina gracilis</i>	Gastropoda	1	—	—	I	I
<i>Enipo tarasovi</i>	Polychaeta	1	3 (II)	II	II	II
<i>Eohaustorius eous eous</i>	Amphipoda	2	1 (I)	I	I	I
<i>Erimacrus isenbeckii</i>	Decapoda	1	—	—	I	I
<i>Eriocheir japonica</i>	Decapoda	1	2 (II)	II	II	II
<i>Eteone bistriata fuscodorsata</i>	Polychaeta	3	16 (6-II, 9-III, 1-IV)	III	III	III
<i>Eudistylia polymorpha</i>	Polychaeta	1	—	—	I	I
<i>Eyakia</i> sp.	Amphipoda	1	1 (I)	I	I	I
<i>Fluviocingula nipponica</i>	Gastropoda	4	—	—	II	II
<i>Gari kazusensis</i>	Bivalvia	1	9 (8-I, 1-II)	I	I	I
<i>Gleboecarcinus amphioetus</i>	Decapoda	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Grandifoxus robustus</i>	Amphipoda	1	1 (I)	I	I	I
<i>Grandifoxus</i> sp.	Amphipoda	3	1 (I)	I	I	I
<i>Gregariella difficilis</i>	Bivalvia	2	5 (I)	I	—	I
<i>Guraleus deshayesii</i>	Gastropoda	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Halocynthia aurantium</i>	Ascidia	1	1 (II)	II	II	II
Harpacticoida fam. gen. sp.	Harpacticoida	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Hemigrapsus</i> sp.	Decapoda	1	6 (4-II)	II	II	II
<i>Hesperibalanus hesperius</i>	Cirripedia	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Heteromastus giganteus</i>	Polychaeta	6	4 (1-III, 3-IV)	IV	IV	IV
<i>Hippomedon granulatus</i>	Amphipoda	1	9(I)	I	I	I
<i>Homalopoma amussitata</i>	Gastropoda	2	1 (II)	II	II	II
<i>Hubrechtella</i> sp.	Nemertea	2	1(III)	III	III	III

Продолжение таблицы 2.2

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе AMBI)	Предложение А. Vorja	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
<i>Hyas alutaceus</i>	Decapoda	1	3 (I)	I	I	I
Isopoda fam. gen. sp.	Isopoda	4	—	—	—	Игнорировать
<i>Kellia japonica</i>	Bivalvia	1	5 (I)	I	—	I
<i>Lilljeborgia serratoides</i>	Amphipoda	1	8 (I)	I	I	I
<i>Liloa porcellana</i>	Gasropoda	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Littorina squalida</i>	Gasropoda	2	8 (II)	II	—	II
<i>Lyonsia nuculaniformis</i>	Bivalvia	2	6 (3-I, 3-II)	I-II	II	II
<i>Macoma crassula</i>	Bivalvia	3	30 (2-I, 15-II, 12-III)	II-III	III	III
<i>Macoma orientalis</i>	Bivalvia	12	30 (2-I, 15-II, 12-III)	II-III	II	II
<i>Macoma shiashkotanica</i>	Bivalvia	1	30 (2-I, 15-II, 12-III)	II	—	II
<i>Magelona pacifica</i>	Polychaeta	13	26 (21-I, 5-II)	I	I	I
<i>Magelona</i> sp.	Polychaeta	1	26 (21-I, 5-II)	I	I	I
Majidae gen. sp.	Decapoda	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Maldanella antarctica</i>	Polychaeta	1	4 (V)	V	V	V
Mangeliidae gen. sp.	Gasropoda	2	—	—	—	Игнорировать
<i>Margarites picturata</i>	Gasropoda	2	7 (1-I, 5-II)	II	II	II
<i>Menestho exarata</i>	Gasropoda	2	1 (I)	I	I	I
<i>Mercenaria stimpsoni</i>	Bivalvia	2	1 (II)	II	II	II
<i>Metridium senile fimbriatum</i>	Actiniaria	3	1 (I)	I	II	II
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	Bivalvia	5	—	—	I	I
<i>Modiolus difficilis</i>	Bivalvia	3	12 (9-I, 2-II, 1-III)	I	I	I
<i>Modiolus kurilensis</i>	Bivalvia	1	12 (9-I, 2-II, 1-III)	I	I	I
<i>Monoculodes crassirostris</i>	Amphipoda	2	17 (16-I, 1-II)	I	I	I
<i>Monoculodes latimanus</i>	Amphipoda	3	17 (16-I, 1-II)	I	I	I
<i>Monoculodes pallidus</i>	Amphipoda	1	17 (16-I, 1-II)	I	I	I
<i>Monoculodes semenovi</i>	Amphipoda	4	17 (16-I, 1-II)	I	I	I
<i>Monoculodes zernovi</i>	Amphipoda	4	17 (16-I, 1-II)	I	I	I
<i>Mya priapus</i>	Bivalvia	1	3 (II)	II	II	II

Продолжение таблицы 2.2

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе AMBI)	Предложение А. Vorja	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
<i>Mysella ventricosa</i>	Bivalvia	1	8 (2-II, 5-III, 1-IV)	III	III	III
<i>Najna conciliorum</i>	Amphipoda	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Nassarius fraterculus</i>	Gasropoda	1	44 (1-I, 36-II, 4-III, 3-IV)	II	II	II
<i>Nectocrangon lar lar</i>	Decapoda	3	—	—	—	Игнорировать
<i>Neohaustator fortilirata</i>	Gastropoda	2	—	—	—	Игнорировать
<i>Neomysis czerniavskii</i>	Gastropoda	2	6 (II)	II	II	II
<i>Nereis tigrina</i>	Polychaeta	1	38 (2-II, 34-III)	III	III	III
<i>Nipponnemertes arenaria</i>	Nemertea	3	1 (II)	II	II	II
<i>Nipponomysella obesa</i>	Bivalvia	2	1 (III)	III	—	III
<i>Nothria holobranchiata</i>	Polychaeta	2	7 (1-I, 6-II)	II	II	II
<i>Notomastus annenkovae</i>	Polychaeta	1	14 (13-III, 1-V))	III	III	III
<i>Notomastus</i> sp.	Polychaeta	2	14 (13-III, 1-V))	III	III	III
<i>Nototropis ekmani</i>	Amphipoda	1	5 (I)	I	I	I
<i>Nuttallia japonica</i>	Bivalvia	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Nuttallia olivacea</i>	Bivalvia	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Nymphon striatum</i>	Pantopoda	1	7 (I)	I	I	I
<i>Obesotoma</i> sp.	Gastropoda	1	1 (I)	I	I	I
<i>Odostomia culta</i>	Gastropoda	1	12 (II)	II	II	II
<i>Oenopota</i> sp.	Gastropoda	4	7 (I)	I	I	I
<i>Oenopota triphera</i>	Gastropoda	5	7 (I)	I	I	I
<i>Olivella borealis</i>	Gastropoda	3	6 (I)	I	I	I
<i>Onisimus normani</i>	Amphipoda	1	1*	—	—	Игнорировать
<i>Onuphis shirikishinaiensis</i>	Polychaeta	1	11 (2-I, 9-II)	II	II	II
Opheliidae gen. sp.	Polychaeta	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Ophiodermella ogurana</i>	Gastropoda	1	—	—	I	I
Orbiniidae gen. sp.	Polychaeta	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Orchomenella japonica</i>	Amphipoda	1	7 (II)	II	II	II
<i>Orchomenella minuscula</i>	Amphipoda	1	7 (II)	II	—	II

Продолжение таблицы 2.2

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе AMBI)	Предложение А. Vorja	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
<i>Orchomenella minuta</i>	Amphipoda	1	7 (II)	II	—	II
<i>Pagurus brachyomastus</i>	Decapoda	1	12 (II)	II	—	II
<i>Pandalus goniurus</i>	Decapoda	4	5 (II)	II	—	II
<i>Pandalus hypsinotus</i>	Decapoda	2	5 (II)	II	II	II
<i>Panomya priapus</i>	Bivalvia	1	2 (II)	II	—	II
Pantopoda fam. gen. sp.	Pantopoda	3	—	—	—	Игнорировать
<i>Paradialychone cincta</i>	Polychaeta	1	5 (1-I, 4-II)	II	—	II
<i>Paraphoxus simplex</i>	Amphipoda	2	3 (II)	II	II	II
<i>Parasabella aulaconota</i>	Polychaeta	1	4 (I)	I	—	I
<i>Parasabella fullo</i>	Polychaeta	1	4 (I)	I	—	I
<i>Pelonaia corrugata</i>	Tunicata	1	1*	—	—	Игнорировать
<i>Phascolosoma japonica</i>	Sipuncula	1	7 (5-I, 2-II)	I	I	I
<i>Philine scalpta</i>	Gastropoda	3	15 (II)	II	II	II
<i>Philinopsis giglioli</i>	Gastropoda	1	1(I)	I	—	I
<i>Pista incarientis</i>	Polychaeta	1	19 (11-I, 7-II)	I	II	II
<i>Pleusymtes glaber</i>	Amphipoda	2	1 (II)	II	II	II
<i>Plicifusus</i> sp.	Gastropoda	2	—	—	—	Игнорировать
<i>Pontogeneia kondakovi</i>	Amphipoda	1	1 (II)	II	II	II
<i>Prionospio membranacea</i>	Polychaeta	1	42 (8-II, 5-III, 29-IV)	IV	IV	IV
<i>Propebela</i> sp.	Gastropoda	4	5 (I)	I	I	I
<i>Protocallithaca euglypta</i>	Bivalvia	1	3 (2-II, 1-III)	II	III	III
<i>Pseudopolydora achaeta</i>	Polychaeta	1	9 (1-III, 8-IV)	IV	IV	IV
<i>Pusilina plicosa</i>	Gastropoda	1	6 (I)	I	I	I
<i>Rocinela maculata</i>	Isopoda	1	1 (II)	II	II	II
<i>Sabella aulaconota</i>	Polychaeta	2	8 (7-I, 1-II)	I	I	I
<i>Samythella</i> sp.	Polychaeta	1	2 (1-I, 1-II)	I-II	—	II
<i>Saxidomus purpuratus</i>	Bivalvia	3	2 (II)	II	II	II
<i>Scalibregma robusta</i>	Polychaeta	1	4 (1-II, 3-III)	III	III	III

Продолжение таблицы 2.2

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе AMBI)	Предложение А. Vorja	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
<i>Scalibregmidae gen. sp.</i>	Polychaeta	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Scaphechinus griseus</i>	Echinoidea	1	—	—	I	I
<i>Setia candida</i>	Gastropoda	5	2 (I)	I	I	I
<i>Sigambra sp.</i>	Polychaeta	2	6 (1-II, 2-III, 2-IV)	III-IV	—	IV
<i>Siliqua alta</i>	Bivalvia	8	5 (II)	II	II	II
<i>Solamen leanum</i>	Bivalvia	1	1 (II)	II	—	II
<i>Solen krusensterni</i>	Bivalvia	5	11 (7-I, 4-II)	I	I	I
<i>Spiophanes uschakovi</i>	Polychaeta	2	12 (III)	III	III	III
<i>Spirontocaris sp.</i>	Decapoda	1	2*	—	—	Игнорировать
<i>Spisula sakhalinensis</i>	Bivalvia	1	5 (I)	I	I	I
<i>Strongylocentrotus nudus</i>	Echinoidea	1	2 (I)	I	I	I
<i>Strongylocentrotus sp.</i>	Echinoidea	1	2 (I)	I	—	I
<i>Styelidae gen. sp.</i>	Tunicata	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Suavodrilgia kennicottii</i>	Gastropoda	1	—	—	I	I
<i>Syllidae gen. sp.</i>	Polychaeta	3	—	—	—	Игнорировать
<i>Syllis oerstedii</i>	Polychaeta	1	52 (2-I, 39-II, 11-III)	II	—	II
<i>Synchelidium bulytschevae</i>	Amphipoda	4	8 (7-I, 1-II)	I	I	I
<i>Synidotea epimerata</i>	Isopoda	4	4*	—	—	Игнорировать
<i>Teinostoma atomaria</i>	Gastropoda	1	1 (II)	II	II	II
<i>Telmessus cheiragonus</i>	Decapoda	3	—	—	I	I
<i>Thorlaksonius incarinatus</i>	Amphipoda	1	—	—	I	I
<i>Thracia itoi</i>	Bivalvia	1	13 (11-I, 2-II)	I	I	I
<i>Thyasiridae gen. sp.</i>	Bivalvia	2	—	—	—	Игнорировать
<i>Thysanocardia sp.</i>	Sipuncula	2	2 (1-I, 1-II)	I-II	—	I
<i>Thysanoessa sp.</i>	Malacostraca	1	2*	—	—	Игнорировать
<i>Tritia acutidentata</i>	Gastropoda	1	13 (2-I, 11-II, 1-III)	II	II	II
<i>Trochochaeta sp.</i>	Polychaeta	1	3 (III)	III	—	III
<i>Tubulanidae gen. sp.</i>	Nemertea	1	—	—	—	Игнорировать

Продолжение таблицы 2.2

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе AMBI)	Предложение А. Vorja	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
<i>Turbonilla multigrata</i>	Gastropoda	2	16 (I)	I	I	I
Turbonillidae gen. sp.	Gastropoda	1	—	—	—	Игнорировать
Turridae gen. sp.	Gastropoda	2	—	—	—	Игнорировать
<i>Turritella fortilirata</i>	Gastropoda	3	9 (8-I, 1-II)	I	I	I
<i>Tylorrhynchus heterochaetus</i>	Polychaeta	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Tylorrhynchus osawai</i>	Polychaeta	1	—	—	III	III
<i>Typosyllis orstedii</i>	Polychaeta	1	21 (17-II, 4-III)	II	II	II
<i>Upogebia issaeffi</i>	Decapoda	1	9 (8-I, 1-II)	I	I	I
<i>Urothoe orientalis</i>	Amphipoda	4	11 (I)	I	I	I
Valenciniidae gen. sp.	Nemertea	1	—	—	—	Игнорировать
<i>Velutina coriacea</i>	Gastropoda	1	1 (III)	III	—	III
<i>Velutina litoralis</i>	Gastropoda	1	1 (III)	III	III	III
<i>Vilasina pillula</i>	Bivalvia	1	—	—	I	I
<i>Volvulella sculpturata</i>	Gastropoda	2	2 (II)	II	II	II
<i>Westwoodilla rectangularata</i>	Amphipoda	4	6 (II)	II	II	II
<i>Yoldia keppeliana</i>	Bivalvia	10	7 (I)	I	I	I

\*Есть в базе AMBI, но не классифицированы по экологическим группам.

асцидия *Peloniaia corrugata* и другие представители макрозообентоса (таблица 2.2). В данном случае возможна единственная рекомендация – исключить эти виды из вычислений индексов *AMBI* и *M-AMBI* (игнорировать – соответствующая кнопка интерфейса на рисунке 3).

В итоге, на основе информации, имеющейся в базе данных *AMBI*, из 262 представителей донных беспозвоночных, не имевших групповую ассигнацию, были классифицированы 163: 75 видов были отнесены к группе I, 63 – к группе II, 20 – к III, четыре – к IV и один – к V. В 17 случаях это решение было принято на основе только экспертного заключения. Сипункулиды *Thysanocardia* sp. были приписаны к группе I (по характеристике всего типа в базе *AMBI*), молодь актиний *Athenaria* sp. – к группе II (как все актинии), а полихета *Sigambra* sp. – к группе IV (скорее всего, это молодь *Sigambra bassi* – вида-эталона GIV, см раздел 2.2). К сожалению, из-за недостатка данных, не удалось классифицировать 40 видов и таксонов более высокого ранга макрозообентоса (таблица 2.2). В то же время, средняя абсолютная встречаемость этих представителей донной фауны составляет всего  $1,4 \pm 0,1$  (около 0,5 %, диапазон изменчивости 1–4, единожды найден 31 вид). Следовательно, их исключение при вычислениях *AMBI* и *M-AMBI* крайне редко может привести к каким-либо изменениям величин этих индексов, учитывая также, что столь редкие виды обычно еще и малочисленны.

## 2.2 Экспериментальные исследования: виды, включенные в базу AMBI.

### Эталонные виды

Анализ распределения видов с известной ассигнацией при помощи алгоритма eNOF позволил получить 105 моделей (таблица 2.3, таблица А.1). Из них девять моделей – относятся ко второму типу, 16 – к третьему, 24 – к четвертому, 36 – к пятому, три – к шестому и 17 – к седьмому. Ни одно из видовых распределений, полученных при основных вычислениях, не было описано моделью первого типа – прямой линией – и, следовательно, среди нашей выборки не было обнаружено ни одного «истинно» толерантного вида – «индифферентного к росту концентрации органического вещества, всегда присутствующего в небольших количествах без значительных изменений во времени». Таким образом, все изученные виды имели свой собственный оптимальный диапазон изменений концентраций органического углерода, что крайне затрудняет принятие решения по включению того или иного представителя макрозообентоса в ту или иную группу. Очевидно, для такого выбора необходимо использовать дополнительную информацию – общий диапазон встречаемости, средние и «пиковые» плотности поселения и т.п.

Экологическая группа GI: Среди видов, приписанных в базе AMBI к группе GI (в нашей выборке их 22), ассигнация не вызывает сомнения у двустворчатых моллюсков *Alveinus ojanus* и *Liocyma fructuosa*, амфипод *Ampelisca macrocephala* и *Byblis* sp., полихет *Asabellides sibirica*, *Brada* sp., *Pectinaria hyperborea* и неопределенных до вида представителей семейства сабеллид, десятиногих раков *Crangon* sp. и *Pinnixa rathbuni*, морского ежа *Echinocardium cordatum*, неидентифицированных голотурий, кумовых раков и сипункулид (рисунок 2.1, 2.2, таблица 2.3). Для всех них характерны модели с выраженной левосторонней асимметрией и узкие диапазоны встречаемости; падение относительной плотности при минимальных концентрациях  $C_{\text{ор}}$ . (*A. ojanus*, *A. sibirica*, *Brada* sp., *Byblis* sp., *L. fructuosa*, *P. hyperborea*, *Sipuncula*) обусловлено спецификой биотопов. Обычно, это мелководье с мелкопесчаными донными отложениями и почти полным отсутствием частиц более тонких фракций. Пример – побережье акватории к северу от устья реки Туманная, некоторые станции на севере Амурского залива и у восточного побережья полуострова Муравьева-Амурского (таблица А.2).

Некоторое сомнение вызывают виды с весьма широкими нишами, хотя и с выраженной левой асимметрией модельных кривых – бивалвии *Arca boucardi* и *Serripes groenlandicus*, кумовый рак *Diastylis* sp., амфиподы *Melita* sp. и *Monoculodes* sp. Абсолютная встречаемость обоих видов двустворчатых моллюсков невелика (по 7), что с позиций репрезентативности не является удовлетворительным. Кроме того, широкая ниша *A. boucardi* (плотности при

Таблица 2.3 – Некоторые характеристики видов макрозообентоса, включенных в базу данных AMBI (май 2019) и входящих в экспериментальную выборку

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	±SE	max	Группа по базе AMBI (Май 2019)	Число исследованных видов рода (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе AMBI)	Тип модели eNOF	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
<i>Actiniaria</i> fam. gen. sp.	Actiniaria	24	2	1	50	II	—	—	V	II
<i>Alveinus ojanus</i>	Bivalvia	7	1	1	81	I	1 (I)	I	V	I
<i>Ampelisca macrocephala</i>	Amphipoda	31	45	31	4377	I	60 (57-I, II-11, III-1)	I	III	I
<i>Anonyx</i> sp.	Amphipoda	13	2	1	142	II	4 (II)	II	V	II
<i>Arca boucardi</i>	Bivalvia	7	8	6	1010	I	8 (I)	I	V	I
<i>Aricidea catherinae</i>	Polychaeta	23	7	3	275	II	51 (38-I, 11-II, 1-III, 1-IV)	I	V	I
<i>Aricidea suecica</i>	Polychaeta	9	2	1	80	I	51 (38-I, 11-II, 1-III, 1-IV)	I	IV	III
<i>Asabellides sibirica</i>	Polychaeta	11	33	30	4725	I	3 (1-I, 2-II)	II	V	I
<i>Ascidia</i> fam. gen. sp.	Ascidia	15	1	1	90	III	—	—	VII	III
<i>Asterina pectinifera</i>	Asteroidea	10	0.3	0.1	15	II	3 (2-1, 1-II)	I-II	II	II
<i>Brada</i> sp.	Polychaeta	7	0.5	0.2	25	I	5 (I)	I	V	I
<i>Byblis</i> sp.	Amphipoda	9	7	4	534	I	7 (6-I, 1-II)	I	IV	I
<i>Capitella capitata</i>	Polychaeta	37	59	24	3410	V	8(V)	V	III	V
Capitellidae gen. sp.	Polychaeta	31	18	6	720	V	—	—	II	V
Caprellidae gen. sp.	Amphipoda	13	19	8	822	II	—	—	IV	II
<i>Cerebratulus marginatus</i>	Nemertea	16	1	0.4	45	III	5, (2-II, 3-III)	III	VII	III
<i>Cerebratulus</i> sp.	Nemertea	15	1	0.5	54	III	5, (2-II, 3-III)	III	V	III
<i>Chaetozone setosa</i>	Polychaeta	45	39	15	1976	IV	17 (3-II, 2-III, 11-IV)	IV	V	III
<i>Chone</i> sp.	Polychaeta	21	1	0.4	40	II	22 (II)	II	V	II
<i>Cirratulus cirratus</i>	Polychaeta	13	8	6	986	IV	11 (2-III, 9-IV)	IV	V	III
<i>Cistenides granulata</i>	Polychaeta	5	0.1	0.1	8	II	3 (2-I, 1-II)	I	II	II
<i>Crangon</i> sp.	Decapoda	6	0.2	0.1	13	I	11 (4-I, 7-II)	II	II	I
<i>Crassikorophium crassicorne</i>	Amphipoda	31	46	23	3540	III	2 (III)	III	V	III
Cumacea fam. gen. sp.	Cumacea	13	1	0.4	59	I	—	—	III	I
<i>Diastylis alaskensis</i>	Cumacea	17	1	0.4	45	II	30 (9-I, 16-II, 4-III)	II	VI	II
<i>Diastylis goodsiri</i>	Cumacea	7	1	0.3	33	II	30 (9-I, 16-II, 4-III)	II	IV	II
<i>Diastylis</i> sp.	Cumacea	18	8	3	420	I	30 (9-I, 16-II, 4-III)	II	VII	II
<i>Diastylopsis dawsoni</i>	Cumacea	21	7	2	220	I	2 (I)	I	VII	IV
<i>Dipolydora cardalia</i>	Polychaeta	54	244	102	14648	IV	12 (IV)	IV	IV	IV
<i>Echinocardium cordatum</i>	Echinoidea	16	1	0.3	32	I	6 (4-1, 1-II)	I	II	I

Продолжение таблицы 2.3

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	±SE	max	Группа по базе AMBI (Май 2019)	Число исследованных видов рода (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе AMBI)	Тип модели eHOF	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
<i>Ennucula tenuis</i>	Bivalvia	47	24	5	405	II	8 (2-I, 6-II)	II	III	II
<i>Eteone longa</i>	Polychaeta	14	2	1	110	III	16 (6-II, 9-III, 1-IV)	III	V	III
<i>Eteone</i> sp.	Polychaeta	25	2	0.4	36	III	16 (6-II, 9-III, 1-IV)	III	V	III
<i>Eulalia bilineata</i>	Polychaeta	23	1	1	80	II	20 (1-I, 19-II)	II	III	II
<i>Glycera capitata</i>	Polychaeta	68	22	5	734	II	36 (1-I, 34-II, 1-IV)	II	II	II
<i>Glycera</i> sp.	Polychaeta	36	7	2	157	II	36 (1-I, 34-II, 1-IV)	II	II	II
<i>Glycera tessellata</i>	Polychaeta	8	1	1	132	II	36 (1-I, 34-II, 1-IV)	II	IV	II
<i>Glycera unicornis</i>	Polychaeta	10	1	0.3	32	II	36 (1-I, 34-II, 1-IV)	II	IV	III
<i>Glycinde armigera</i>	Polychaeta	24	3	1	110	II	13 (11-II, 2-IV)	II	VII	II
<i>Goniada maculata</i>	Polychaeta	68	16	3	177	II	9 (II)	II	V	II
<i>Harmothoe imbricata</i>	Polychaeta	13	1	0.3	30	II	32 (30-II, 2-I)	II	III	II
<i>Harmothoe</i> sp.	Polychaeta	10	1	0.2	23	II	32 (30-II, 2-I)	II	VII	II
Holothuroidea fam. gen. sp.	Holothuroidea	8	1	0.3	36	I	—	—	III	I
<i>Laonice cirrata</i>	Polychaeta	30	2	0.4	45	II	8 (3-II, 5-III)	III	VII	II
<i>Liocyma fructuosa</i>	Bivalvia	9	1	0.4	60	I	1 (I)	I	V	I
<i>Lumbrineris longifolia</i>	Polychaeta	136	203	27	2350	IV	62 (5-I, 55-II, 1-III, 1-IV)	II	VII	II
<i>Macoma calcarea</i>	Bivalvia	9	1	0.3	32	II	30 (2-I, 15-II, 12-III)	II	V	II
<i>Macoma incongrua</i>	Bivalvia	8	1	0.4	40	II	30 (2-I, 15-II, 12-III)	II	VII	II
<i>Macoma nipponica</i>	Bivalvia	5	1	0.5	63	III	30 (2-I, 15-II, 12-III)	II	V	III
<i>Macoma tokyoensis</i>	Bivalvia	16	1	0.3	20	II	30 (2-I, 15-II, 12-III)	II	V	II
<i>Magelona longicornis</i>	Polychaeta	36	5	1	119	II	26 (21-I, 5-II)	I	VII	II
<i>Maldane sarsi</i>	Polychaeta	96	193	43	3750	II	6 (5-1, 1-II)	I	V	II
<i>Mediomastus californiensis</i>	Polychaeta	8	6	5	757	III	10 (1-I, 5-III, 4-IV)	III	V	III
<i>Melinna elisabethae</i>	Polychaeta	26	6	2	270	III	8 (2-II, 6-III)	III	V	III
<i>Melita</i> sp.	Amphipoda	14	3	1	143	I	13 (10-I, 3-III)	I	VII	II
<i>Monoculodes</i> sp.	Amphipoda	17	1	0.2	20	I	17 (16-I, 1-II)	I	III	II
<i>Mya</i> sp.	Bivalvia	14	1	0.2	25	II	3 (II)	II	IV	II
<i>Mya truncata</i>	Bivalvia	9	1	0.3	36	II	3 (II)	II	IV	III
Nemertea fam. gen. sp.	Nemertea	73	13	3	248	III	—	—	II	III
<i>Nephtys caeca</i>	Polychaeta	9	1	0.5	66	II	37 (2-I, 33-II, 2-III)	II	IV	II
<i>Nephtys</i> sp.	Polychaeta	22	1	0.4	40	II	37 (2-I, 33-II, 2-III)	II	V	II
<i>Nereis</i> sp.	Polychaeta	27	2	1	79	III	38 (2-II, 34-III)	III	VII	IV (V)

Продолжение таблицы 2.3

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	±SE	max	Группа по базе AMBI (Май 2019)	Число исследованных видов рода (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе AMBI)	Тип модели eHOF	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
<i>Nothria</i> sp.	Polychaeta	7	1	1	64	II	7 (1-I, 6-II)	II	IV	II
<i>Notomastus latericeus</i>	Polychaeta	56	34	8	935	III	14 (13-III, 1-V))	III	III	II
<i>Onuphis iridescens</i>	Polychaeta	23	3	1	100	II	11 (2-I, 9-II)	II	IV	II
<i>Ophelina acuminata</i>	Polychaeta	11	1	0.3	33	III	10 (6-I, 3-III)	I	IV	III
<i>Ophiura sarsii</i>	Ophiuroidea	82	101	19	1554	II	12 (II)	II	VII	II
<i>Orchomenella</i> sp.	Amphipoda	10	2	1	130	II	7 (II)	II	IV	II
<i>Owenia fusiformis</i>	Polychaeta	32	13	4	390	II	5 (3-I, 2-II)	I	III	II
<i>Pagurus</i> sp.	Decapoda	6	0.2	0.1	6	II	12 (II)	II	III	II
<i>Paradorippe granulata</i>	Decapoda	18	2	1	94	II	1 (II)	II	III	II
<i>Paranaitis polynoides</i>	Polychaeta	10	1	0.3	44	II	7 (II)	II	IV	II
<i>Pectinaria hyperborea</i>	Polychaeta	7	1	1	80	I	13 (10-I, 2-II, 1-IV)	I	IV	I
<i>Pherusa plumosa</i>	Polychaeta	20	3	1	125	III	16 (13-I, 1-II, 2-III)	I	V	III
<i>Philine argentata</i>	Gastropoda	25	2	1	45	II	15 (II)	II	V	II
<i>Philine orientalis</i>	Gastropoda	58	8	1	100	II	15 (II)	II	VII	II
<i>Pholoe minuta</i>	Polychaeta	26	2	0.4	32	II	11 (4-I, 5-II)	II	V	II
<i>Phoronopsis harmeri</i>	Phoronida	37	248	83	6540	I	2 (1-I, 1-II)	I-II	V	III
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	Polychaeta	24	4	2	277	IV	33 (31-II, 1-III, 1-IV)	II	VII	IV
<i>Pinnixa rathbuni</i>	Decapoda	27	4	1	124	I	17 (12-I, 5-II)	I	III	I
<i>Polydora</i> sp.	Polychaeta	15	22	20	3100	IV	32 (2-II, 5-III, 25-IV)	IV	V	III
<i>Potamilla reniformis</i>	Polychaeta	8	0.4	0.1	10	II	7 (II)	II	V	II
<i>Potamocorbula amurensis</i>	Bivalvia	11	124	116	18387	V	3 (2-V)	V	IV	V
<i>Praxillella gracilis</i>	Polychaeta	27	21	6	595	III	9 (2-I, 7-III)	III	V	III
<i>Praxillella praetermissa</i>	Polychaeta	16	17	8	950	III	9 (2-I, 7-III)	III	V	III
<i>Praxillella</i> sp.	Polychaeta	19	9	5	690	III	9 (2-I, 7-III)	III	III	III
<i>Priapulidus caudatus</i>	Priapulida	23	2	1	59	III	2 (III)	III	V	III
<i>Prionospio malmgreni</i>	Polychaeta	6	1	1	90	IV	42 (8-II, 5-III, 29-IV)	IV	IV	IV
<i>Protomedea popovi</i>	Amphipoda	10	2	1	226	II	7 (II)	II	IV	II
<i>Protothaca jedoyensis</i>	Bivalvia	6	0.4	0.2	20	II	4 (3-II, 1-III)	II	V	II
<i>Raeta pulchella</i>	Bivalvia	20	1	0.4	36	III	3 (2-II, 1-III)	II	III	III
Sabellidae gen. sp.	Polychaeta	11	1	0.4	34	I	—	—	II	I
<i>Scalibregma inflatum</i>	Polychaeta	59	25	7	783	III	4 (1-II, 3-III)	III	IV	III
<i>Scolecopsis</i> sp.	Polychaeta	16	3	1	206	III	21 (2-I, 2-II, 15-III, 1-IV, 1-V)	III	V	III

Продолжение таблицы 2.3

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	±SE	max	Группа по базе <i>AMBI</i> (Май 2019)	Число исследованных видов рода (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе <i>AMBI</i> )	Тип модели eHOF	Рекомендация (группа для вычисления <i>AMBI</i> и <i>M-AMBI</i> )
<i>Scoloplos armiger</i>	Polychaeta	79	47	7	583	III	16 (13-I, 1-II, 2-III)	I	VII	III
<i>Serripes groenlandicus</i>	Bivalvia	7	0.2	0.1	8	I	1 (I)	I	IV	I
<i>Sigambra bassi</i>	Polychaeta	89	39	7	423	IV	6 (1-II, 2-III, 2-IV)	III-IV	V	IV
<i>Sipuncula</i> fam. gen. sp.	Sipuncula	28	2	1	75	I	—	—	V	I
<i>Spionidae</i> gen. sp.	Polychaeta	49	11	3	330	III	—	—	III	III
<i>Spiophanes berkeleyorum</i>	Polychaeta	14	1	1	60	III	12 (III)	III	VII	III
<i>Spiophanes bombyx</i>	Polychaeta	42	25	5	390	III	12 (III)	III	VI	II
<i>Sternaspis scutata</i>	Polychaeta	12	2	1	90	III	3 (1-II, 2-III)	III	IV	III
<i>Theora lubrica</i>	Bivalvia	35	16	5	531	III	3 (1-III, 2-IV)	IV	IV	III
<i>Tritodynamia rathbunae</i>	Decapoda	6	0	0.3	46	II	3 (2-II)	II	IV	II
<i>Westwoodilla</i> sp.	Amphipoda	10	1	0.3	39	II	6 (II)	II	VI	II

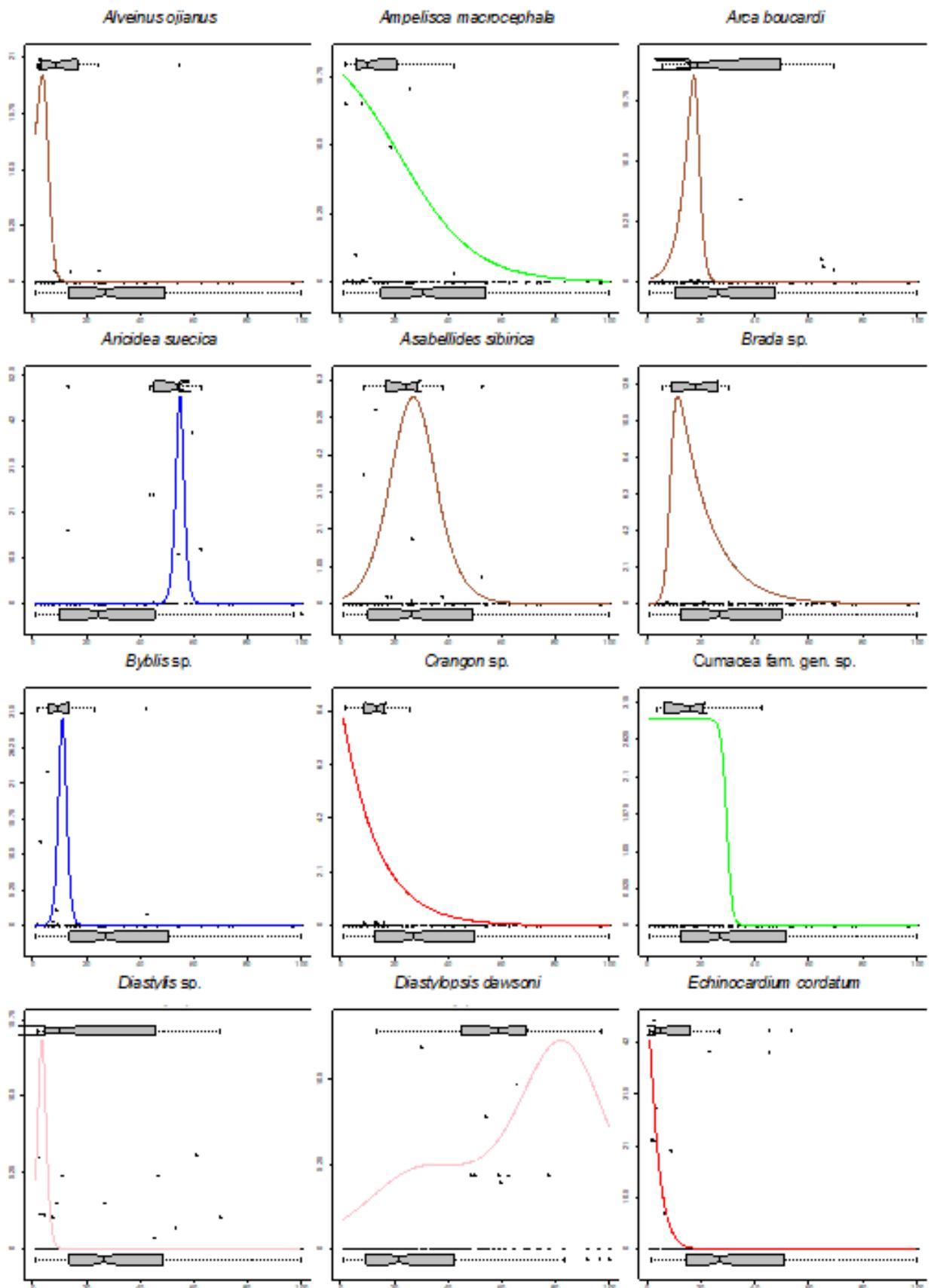


Рисунок 2.1 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база *АМВИ*, май 2019 г.: группа I). Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

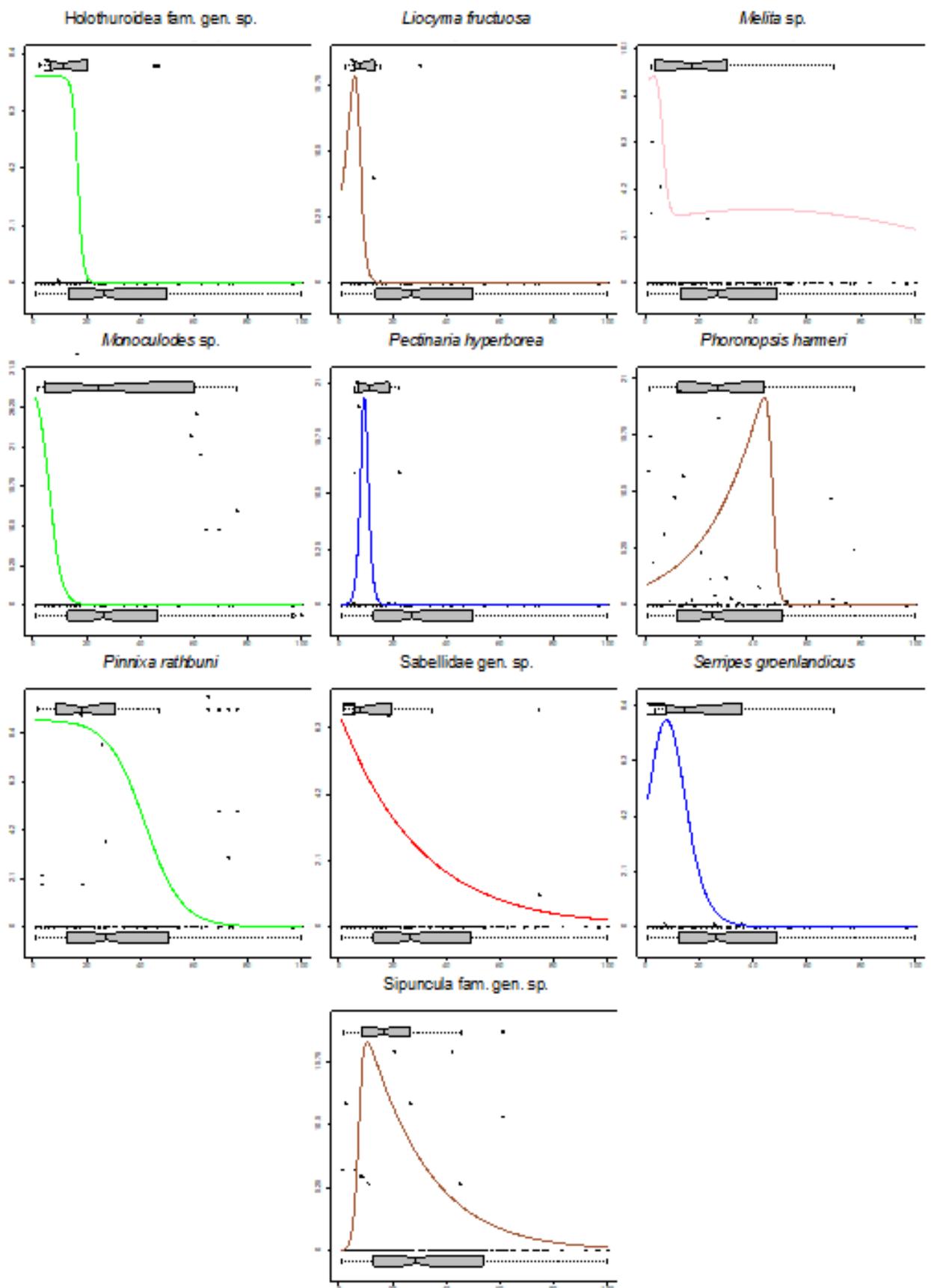


Рисунок 2.2 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база AMBI, май 2019 г.: группа I). Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

относительном содержании  $C_{орг.}$  выше 60 % от максимума) обусловлена присутствием этих животных на некоторых станциях северной части Амурского (съемка 2005 г.). Здесь имеет место ярко выраженное сезонное увеличение органики [33, 34], а все остальные находки приурочены к относительным концентрациям менее 20 %. Примерно на эти же концентрации приходится и максимумы относительной плотности *S. groenlandicus*. В этой ситуации наиболее логичным является согласие с существующей ассигнацией (GI) для обеих бивалвий.

Выборки *Diastylis* sp., *Melita* sp. и *Monoculodes* sp. гораздо более представительны (соответственно 18, 14 и 17). Как уже было отмечено, животные, указанные в базе АМБИ в открытой номенклатуре, вряд ли являются теми же видами в списке представителей макрозообентоса залива Петра Великого. На изученной акватории *Diastylis* sp. не образует скоплений очень высокой плотности, но в небольших количествах встречается в диапазоне относительных концентраций  $C_{орг.}$  от <2 до почти 70 %, исчезая лишь в самых «суровых» условиях; примерно также ведут себя *Melita* sp. и *Monoculodes* sp. (рисунок 2.1, 2.2, таблица 2.3). Наиболее вероятной группой приписки *Diastylis* sp. является GII (из 30 видов девять отнесены к GI, 16 – к GII, четыре – к GIII). Таким образом, *Diastylis* sp. следует однозначно отнести именно к этой группе. Наиболее вероятная группа ассигнации у родов *Melita* и *Monoculodes* – GI (таблица 2.3), однако это противоречит натурным наблюдениям и, следовательно, эти животные должны быть отнесены к GII. Этот вывод подтверждают и результаты дополнительного моделирования распределений *Melita* sp. и *Monoculodes* sp. на основе реальных значений плотности поселения, приче у последнего вида, при некоторых ухищрениях (изменениях параметра  $M$ ) распределение отражает модель первого типа (рисунок 2.3).

Изменения плотности поселения полихеты *Aricidea suecica* вдоль градиента относительных концентраций  $C_{орг.}$  носит совсем другой характер и показывает отчетливый максимум почти в самой середине диапазона его значений (рисунок 2.1, 2.3). Такое распределение характерно для группы GIII, к которой относятся «виды, толерантные к повышению содержания органического вещества, встречающиеся и при нормальных условиях, но способные давать вспышки плотности при умеренном увеличении  $C_{орг.}$ ».

Следовательно, *A. suecica* должна быть отнесена к GIII, несмотря на то, что в базе АМБИ этот вид приписан к GI, как и подавляющее большинство других видов этого рода полихет (из 51 вида 38 отнесено к GI, 11 – к GII, по одному – к GIII и GIV). Возможно, здесь имеет место таксономическая ошибка, приче она вероятна как со стороны экспертов АМБИ, так и сотрудников ННЦМБ «ИБМ ДВО РАН» и ФГБУ «ДВНИГМИ», хотя определения последних вызывают больше доверия.

Распределение *D. dawsoni* имеет отчетливую правую асимметрию и совсем не похоже на рассмотренные выше модели, причем этот вид присутствует даже в самых суровых условиях при относительном  $C_{орг.}$  почти в 97 % (рисунок 2.1, 2.3). Очевидно, это весьма толерантный, хотя и относительно малочисленный, вид, обитающий почти на всем диапазоне содержания органического углерода с тенденцией к росту плотности в его последней трети и, следовательно, *D. dawsoni* должен быть приписан к группе GIV, несмотря на то, что два других представителя этого рода классифицированы как GI (таблица 2.3). Здесь также справедливо замечание о таксономической ошибке.

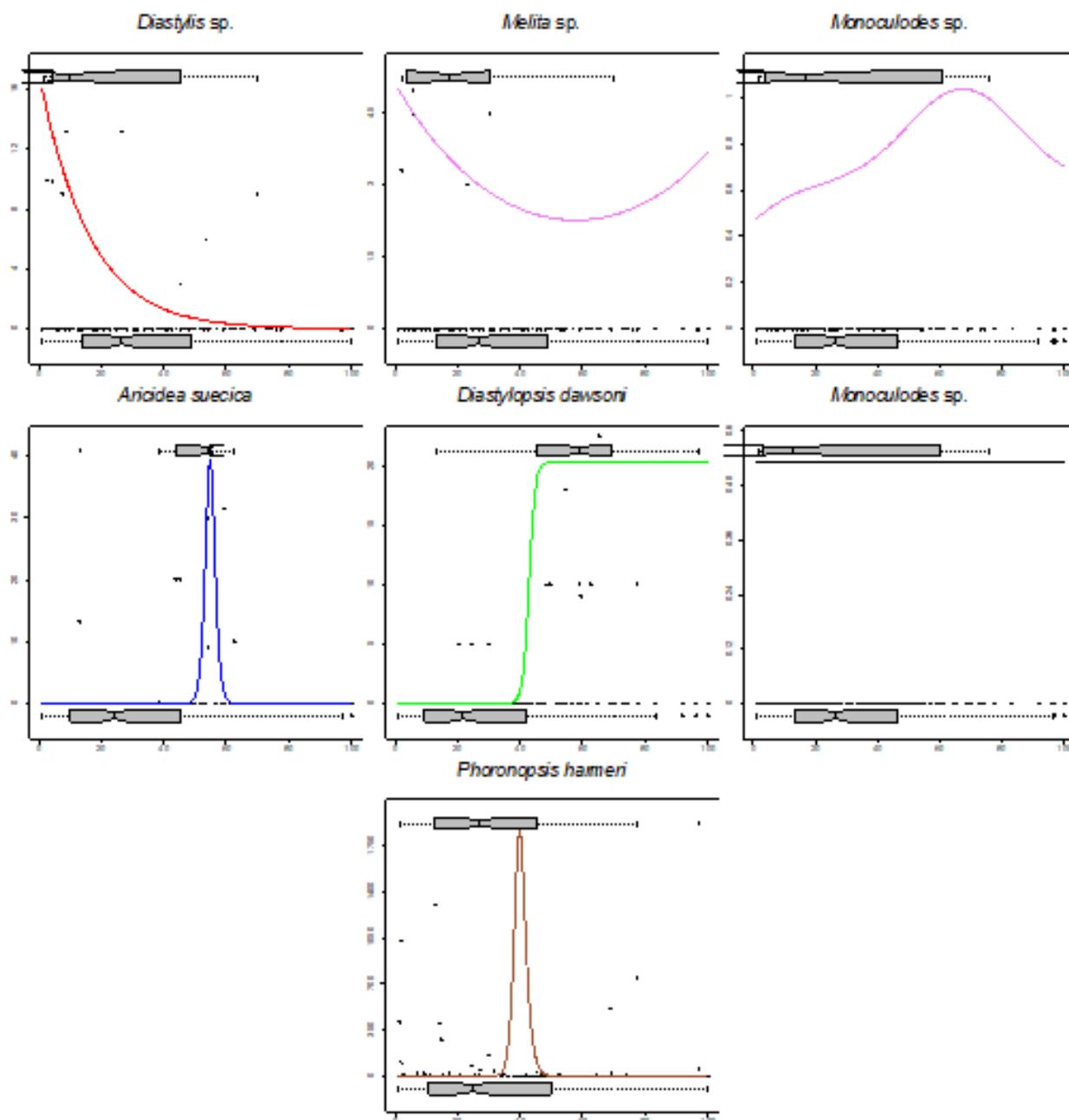


Рисунок 2.3 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база АМВИ, май 2019 г.: группа I). Ось абсцисс – относительное содержание органического углерода (%), ось ординат – плотность поселения (экз./м<sup>2</sup>)

И, наконец, один из самых проблемных видов – форонида *Phoronopsis harmeri*, который в прибрежной зоне Владивостока является одним из наиболее часто встречающихся животных и создает скопления плотностью в несколько тысяч экземпляров на кв. метр [25]. Эти скопления приурочены к области летней гипоксии, которая возникает, главным образом, из-за микробиологического окисления избыточной биомассы диатомовых водорослей в условиях слабой динамики вод и при низкой интенсивности фотосинтетически активной радиации [33]. Даже в описании *P. harmeri* говорится как о виде, способном давать «вспышки» плотности при умеренном увеличении  $C_{орг}$ . [48]. Однако в базе AMBI он приписан к GI. Распределение относительных и реальных плотностей *P. harmeri* описывается моделью V типа с пиком, приходящимся на почти средние относительные концентрации  $C_{орг}$ . (рисунок 2.2, 2.3). Именно в этом диапазоне отмечены вспышки его численности до 6540 экз./м<sup>2</sup> (относительный  $C_{орг}$  примерно в 40 %) (рисунок 2.3). Таким образом, *P. harmeri* следует отнести к экологической группе GIII, даже несмотря на мнение целой группы экспертов [49]. Конечно, не исключено и таксономическое несоответствие.

В заключение выделим животных, чьи распределения вдоль градиента  $C_{орг}$  и другие характеристики наиболее полно отражают само определение экологической группы GI (эталонные виды или таксоны более крупного ранга), что понадобится при классификации видов с неизвестной ассигнацией (см. раздел 2.3). На наш взгляд, такими таксонами могут быть лишь таковые, чьи выборки довольно представительны, модели имеют выраженную левую асимметрию, а ниши – явно сдвинуты в область низких относительных  $C_{орг}$ ; желательна также соответствующая ассигнация в базе AMBI. В нашей выборке в наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют *A. macrocephala*, *E. cordatum*, *P. rathbuni* и неидентифицированные представители сипункулид (абсолютная встречаемость соответственно 31, 16, 27 и 28; типы моделей – III, II, III и V).

Таким образом, анализ моделей, ниш и колебаний численности 22 видов и более крупных таксонов макрозообентоса, приписанных в базе AMBI к экологической группе GI, позволяет переклассифицировать шесть из них. Виды *Diastylis* sp., *Melita* sp. и *Monoculodes* sp. следует рассматривать как представителей группы GII, *D. dawsoni* – «переписать» в GIV, а *A. suecica* и *P. harmeri* – отнести к GIII.

**Экологическая группа GII:** Список представителей этой группы наиболее обширен и включает 45 видов и таксонов более высокого ранга (таблица 2.3). При анализе группы GI и изменении приписки некоторых видов, уже были выделены основные черты группы GII. Это широкий диапазон встречаемости, относительная малочисленность и отсутствие ярко

выраженных всплесков плотности поселения. Почти полностью таким требованиям удовлетворяют неидентифицированные до вида актинии, амфиподы *Anonyx* sp., *Protomedeia popovi*, *Westwoodilla* sp., кумовые раки *Diastylis alaskensis*, двустворчатые моллюски *Ennucula tenuis*, *Macoma incongrua*, *Mya* sp., полихеты *Eulalia bilineata*, *Glycera capitata*, *Glycera* sp., *Glycinde armigera*, *Goniada maculata*, *Harmothoe imbricata*, *Laonice cirrata*, *Magelona longicornis*, *Maldane sarsi*, *Owenia fusiformis*, *Paranaitis polynoides*, *Pholoe minuta*, змеехвостка *Ophiura sarsii*, гастроподы *Philine argentata*, *Philine orientalis*. При этом распределения описываются самыми разнообразными моделями, которые часто имеют весьма отчетливую левую или правую асимметрию и пики относительной плотности, а выборки большинства из указанных таксонов довольно репрезентативны (абсолютная встречаемость >20) (рисунок 2.4–2.7).

Перечисленные ниже представители макрозообентоса имеют ярко выраженную левую асимметрию модельных кривых на фоне довольно узких ниш, также сдвинутых влево. Это полихеты *Aricidea catherinae*, *Chone* sp., *Cistenides granulata*, *Glycera tessellata*, *Harmothoe* sp., *Nephtys* sp., *Nothria* sp., *Onuphis iridescens*, *Potamilla reniformis*, морская звезда *Asterina pectinifera*, неидентифицированные представители семейства морских козочек, кумовый рак *Diastylis goodsiri*, двустворчатые моллюски *Macoma calcarea*, *Macoma incongrua*, *Macoma tokyoensis*, *Protothaca jedoyensis*, амфипода *Orchomenella* sp., декаподы *Pagurus* sp., *Paradorippe granulata*, *Tritodynamia rathbunae*. Большинство из них характеризуются низкой абсолютной встречаемостью (10 и менее), поэтому наиболее логичным является согласие с существующей ассигнацией (GII). К таким видам относятся *C. granulata*, *G. tessellata*, *Harmothoe* sp., *Nothria* sp., *Orchomenella* sp., *P. reniformis*, *A. pectinifera*, *D. goodsiri*, *M. calcarea*, *M. incongrua*, *P. jedoyensis*, *Orchomenella* sp., *Pagurus* sp. и *T. rathbunae*.

Выборки *A. catherinae*, *Chone* sp., *Nephtys* sp., *O. iridescens*, неопределенных до вида капреллид, *M. tokyoensis* и *P. granulata* более представительны (абсолютная встречаемость 13–23; таблица 2.3). Распределение и ниша *A. catherinae*, полученные как на основе относительных, так и реальных плотностей поселения, не только резко лево асимметричны, но и почти все их максимальные относительные плотности не выходят за 17,5 %  $C_{орг}$ . (рисунок 2.4, 2.8). В роду *Aricidea* наиболее вероятной экологической группой является GI (изучен 51 вид: из них 38 отнесено к группе I, 11 – к II, по одному – к III и IV). Поэтому, учитывая натурные наблюдения, его следует переклассифицировать в GI, хотя возможно и таксономическое несоответствие.

Распределения и ниши *Chone* sp., представителей семейства капреллид, *M. tokyoensis*, *N. caeca*, *Nephtys* sp., *O. iridescens* и *P. granulata* также лево асимметричны, но их встречаемость заметно шире, а такой как у *A. catherinae* приуроченности максимальных относительных плотностей к низким  $C_{орг}$ . не наблюдается (рисунок 2.4–2.8). Их распределения больше

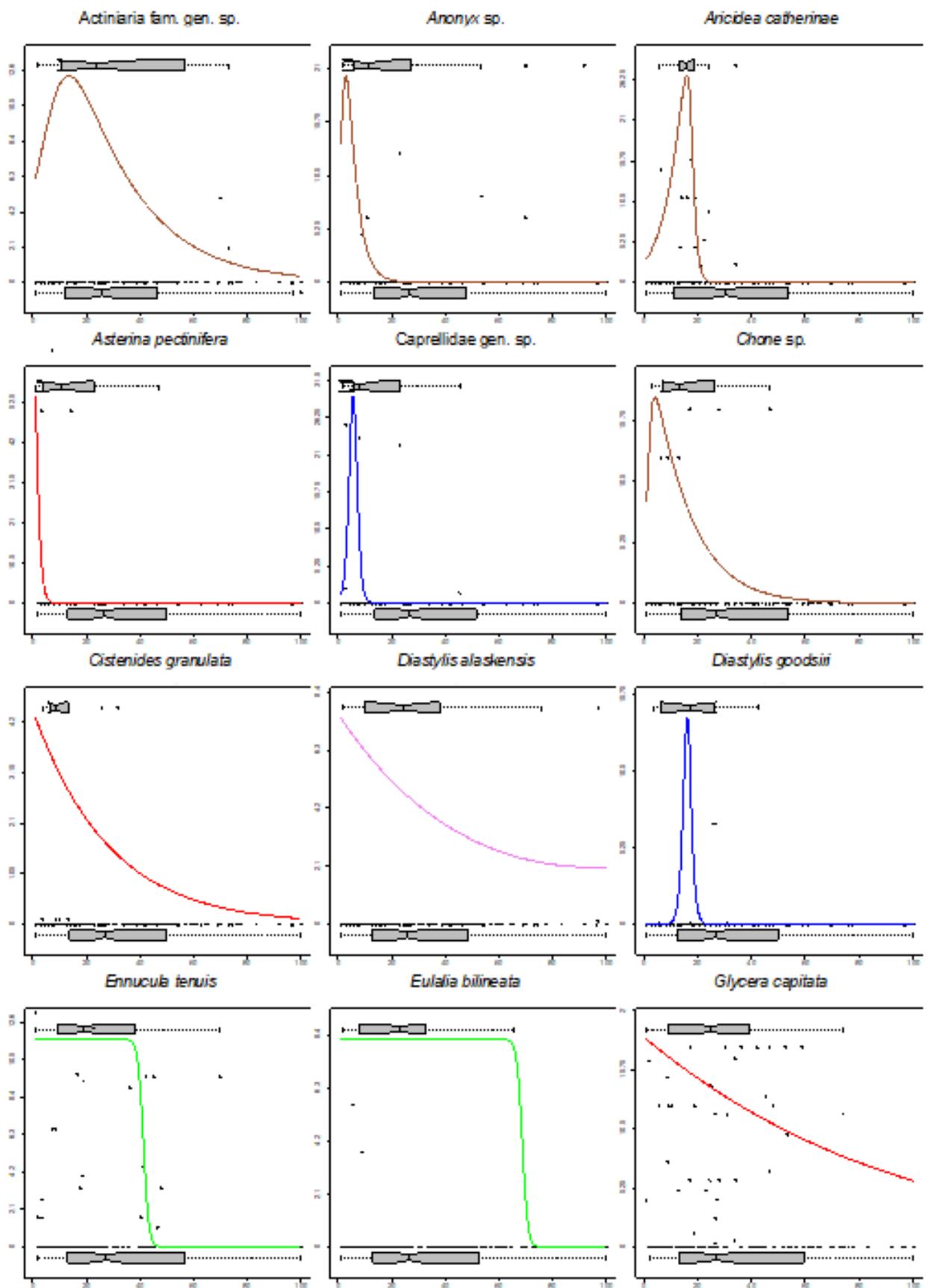


Рисунок 2.4 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база *AMBI*, май 2019 г.: группа II). Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

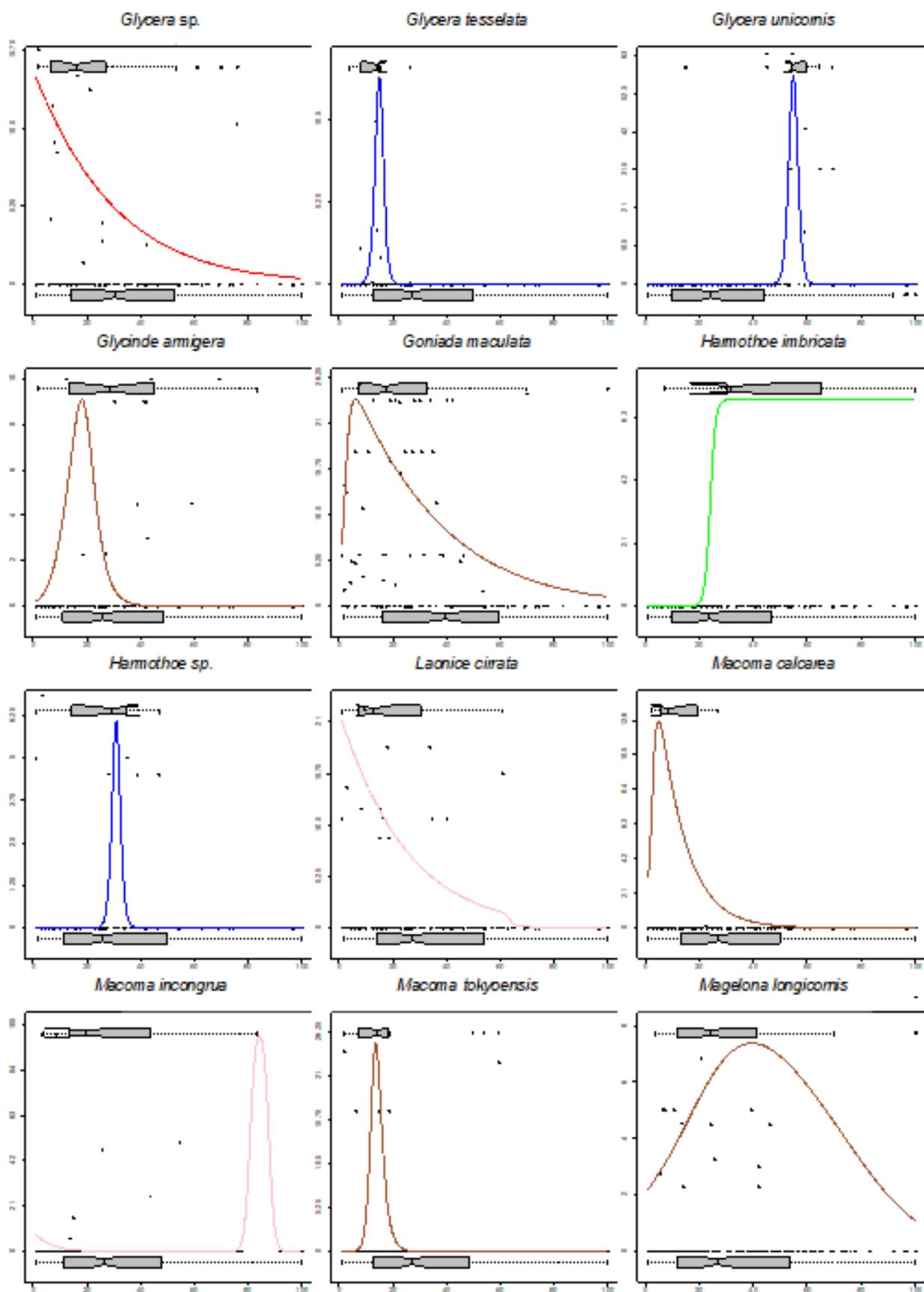


Рисунок 2.5 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база *AMBI*, май 2019 г.: группа II). Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

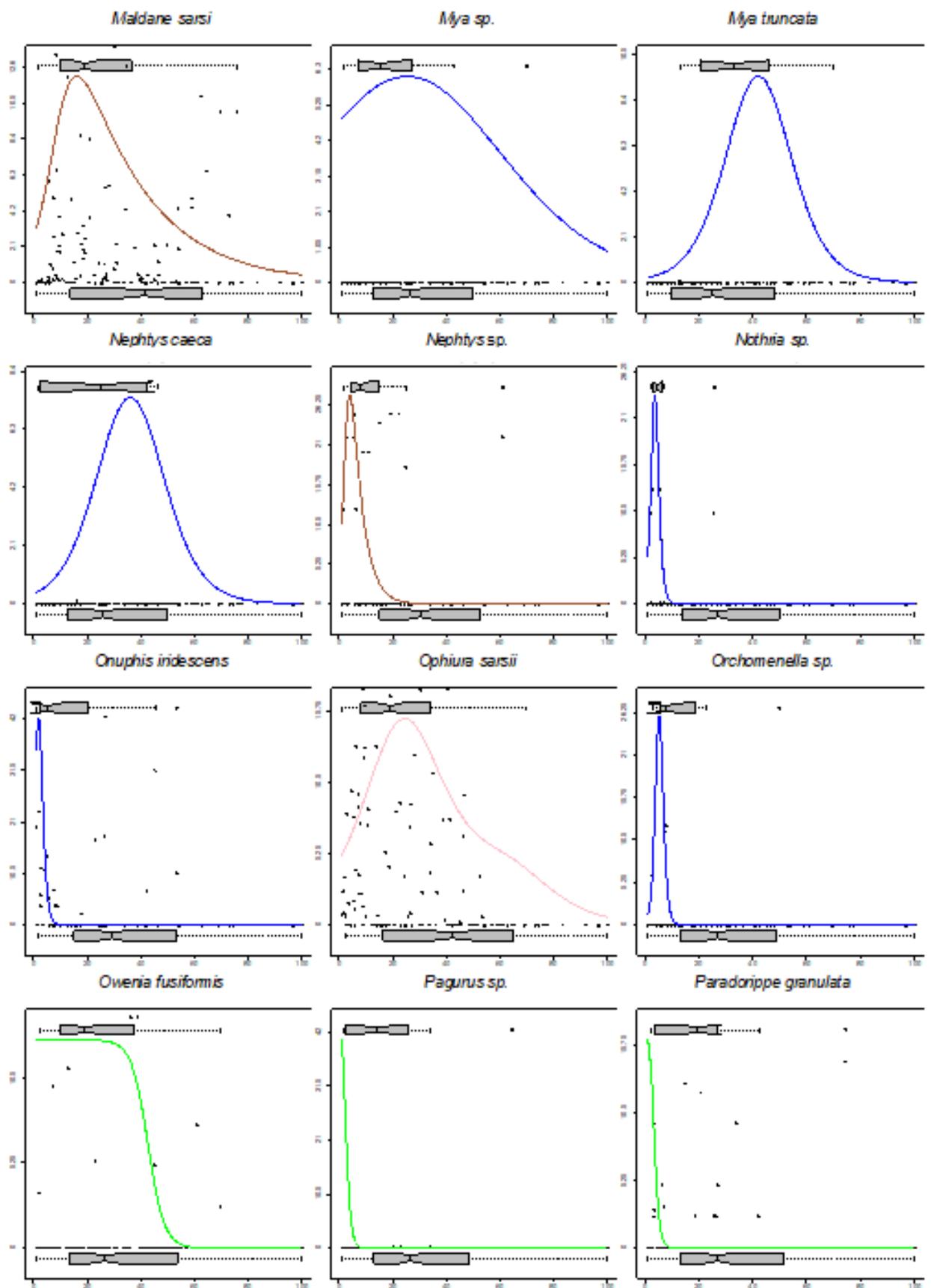


Рисунок 2.6 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база AMBI, май 2019 г.: группа II). Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

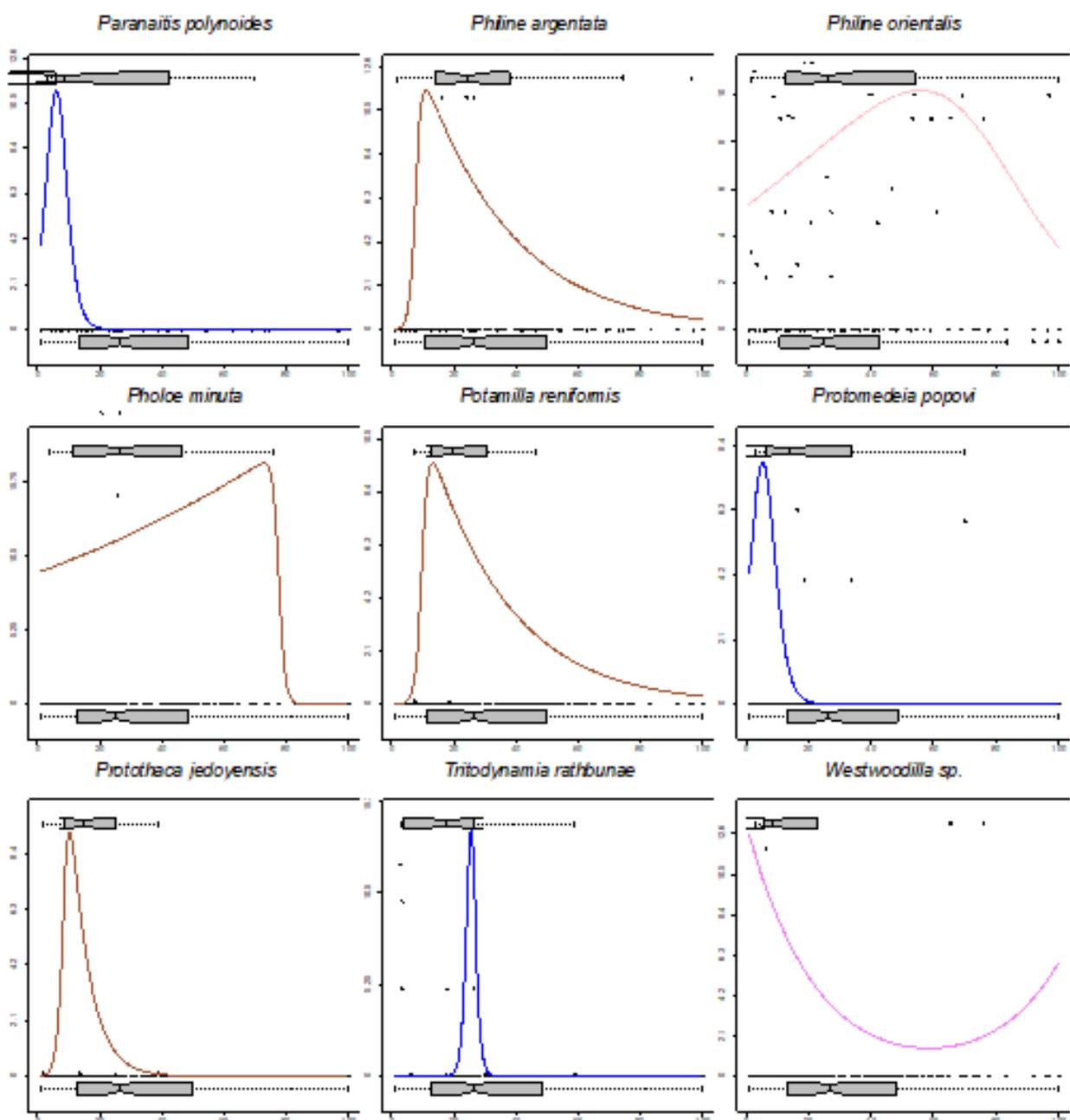


Рисунок 2.7 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база AMBI, май 2019 г.: группа II). Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

похожи на таковые *Diastylis* sp., *Melita* sp. и *Monoculodes* sp., отнесенные ранее к группе ГII. Следовательно, ассигнацию *Chone* sp., представителей семейства капреллид, *M. tokyoensis*, *N. caeca*, *Nephtys* sp., *O. iridescens* и *P. granulata* можно сохранить, несмотря на «странности» в форме модельных кривых.

Большинство отличных от нуля относительных плотностей полихеты *Glycera unicornis* (9 из 10) сосредоточено в диапазоне  $C_{орг}$  45–69 %, ее распределение описывается симметричной моделью IV типа (рисунок 2.5, 2.8). Скорее всего, несмотря на имеющуюся ассигнацию, этот вид следует отнести к экологической группе ГIII, хотя малая

репрезентативность выборки и отсутствие выраженных скачков плотности (диапазон изменений – 5–32 экз./м<sup>2</sup>) оставляет некоторые сомнения. Весьма похожие закономерности характерны и для двустворчатого моллюска *Mya truncata*, что также говорит о необходимости изменения его классификации со II на III группу (рисунок 2.6, 2.8, таблица 2.3).

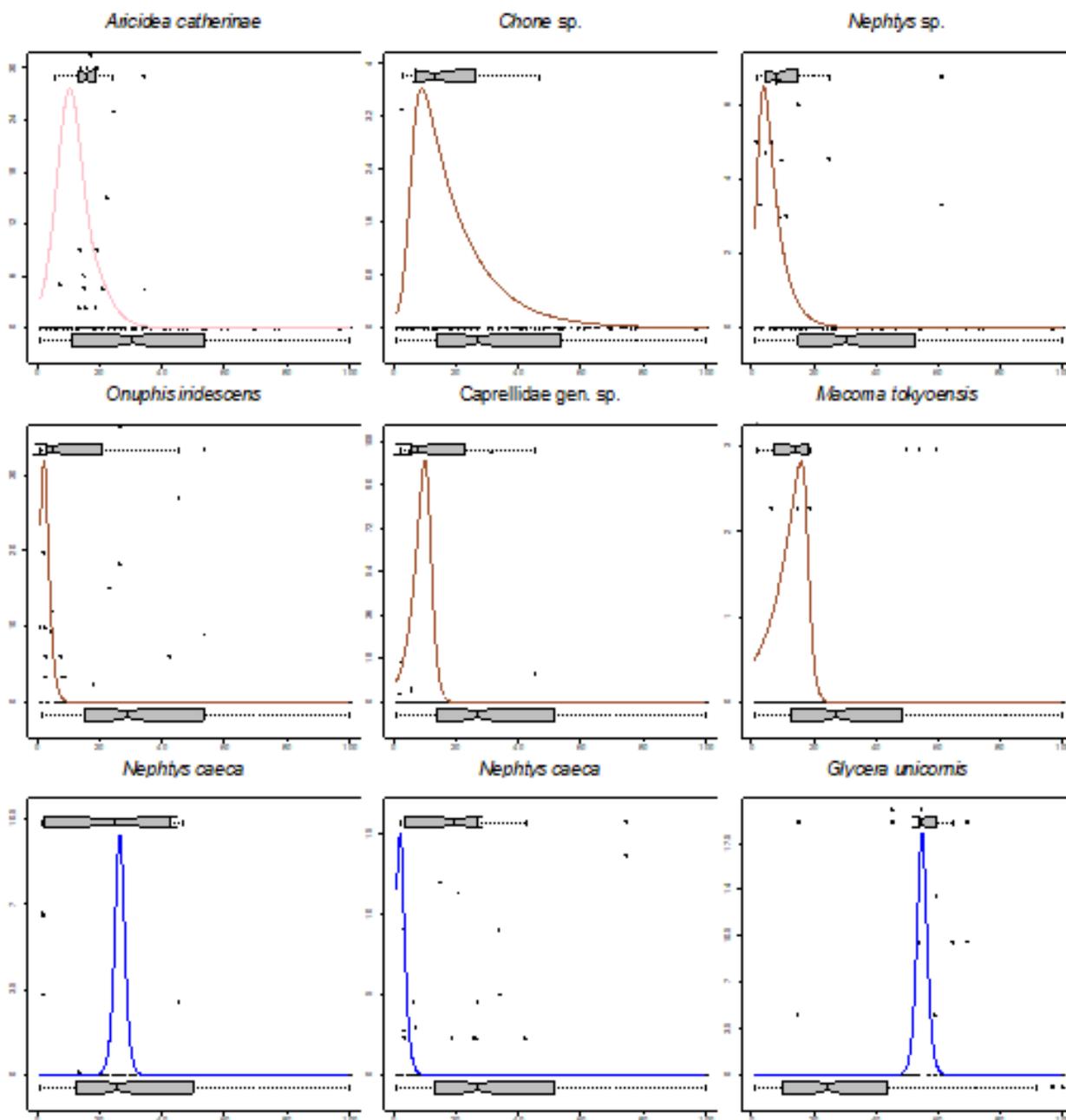


Рисунок 2.8 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база АМВИ, май 2019 г.: группа I). Ось абсцисс – относительное содержание органического углерода (%), ось ординат – плотность поселения (экз./м<sup>2</sup>)

Таким образом, из 45 исследованных видов группы GII 42 сохранили свою принадлежность, *A. catherinae* был переведен в группу GI, *G. unicornis* и *M. truncata* – в группу GIII. Выбор эталонных видов весьма широк – *M. sarsi*, *O. sarsii*, *G. capitata*,

*G. maculata*, *P. orientalis*, *E. tenuis*. Все они обитают в широком диапазоне  $C_{орг.}$ , кроме самых экстремальных его значений (*P. orientalis* вообще не имеет ограничений) и весьма часто встречаются (абсолютная встречаемость – 47–96 или 17,9–36,6 %), но в то же время могут создавать весьма плотные скопления (до тысяч экз./м<sup>2</sup>). Следует подчеркнуть, что распределение видов группы GII вдоль градиента концентраций  $C_{орг.}$  описывается самыми разнообразными моделями и, необходимо признать, что в большинстве случаев их форма не имела существенного значения для принятия решения о выборе группы.

Список видов экологической группы GIII в нашей коллекции насчитывает 27 видов (таблица 2.3). Большинство выборок довольно представительны (абсолютная встречаемость 11 и более случаев обнаружения), и только полихеты *Mediomastus californiensis* и двустворчатые моллюски *Macoma nipponica* были найдены на 10 и менее станциях. Основной чертой распределения этой группы животных вдоль градиента концентраций, судя по определению и результатам анализа групп GI и GII, должны быть пики численности при умеренном повышении его содержания. Под это «определение», в той или иной степени, попадают неидентифицированные до вида асцидии, немертины *Cerebratulus* sp., амфиподы *Crassikorophium crassicorne*, полихеты *Eteone longa*, *Eteone* sp., *Mediomastus californiensis*, *Melinna elisabethae*, *Ophelina acuminata*, *Pherusa plumosa*, *Praxillella gracilis*, *Praxillella praetermissa*, *Scalibregma inflatum*, *Scolecopsis* sp., *Scoloplos armiger*, *Spiophanes berkeleyorum*, *Sternaspis scutata*, двустворчатые моллюски *Macoma nipponica*, *Theora lubrica*, приапулиды *Priapulid* *caudatus* (рисунок 2.9–2.11). В то же время не очень ясно, что означает «умеренное» повышение концентрации  $C_{орг.}$  и «пик» численности. Поэтому, следует довольно осторожно относиться к классификации, основанной на столь не четких понятиях.

Большее сомнение вызывает экологическая классификация немертин *Cerebratulus marginatus* и не определенных до вида представителей этого типа беспозвоночных, двустворчатых моллюсков *Raeta pulchella*, полихет *Praxillella* sp., *Nereis* sp., *Notomastus latericeus*, *Spiophanes bombyx* и не идентифицированных спионид. Результаты дополнительного анализа распределений этих животных вдоль градиента концентраций  $C_{орг.}$  на основе реальных плотностей поселения однозначно снимают эти подозрения в отношении *R. pulchella*, *Praxillella* sp. и *C. marginatus* (рисунок 2.12). С некоторой долей неуверенности к группе GIII можно отнести спионид и немертин: пики численности у них выражены, хотя и сдвинуты влево; при этом они весьма толерантны к  $C_{орг.}$ , встречаясь вплоть до 70–75 % его относительного содержания (20,4–22,4 мг/г). Однако для оставшихся животных такая ассигнация неприемлема.

Крупная, более 10 см в длину и около сантиметра в диаметре полихета *Nereis* sp. – постоянный обитатель (по крайней мере, несколько десятков лет) наиболее загрязненной и

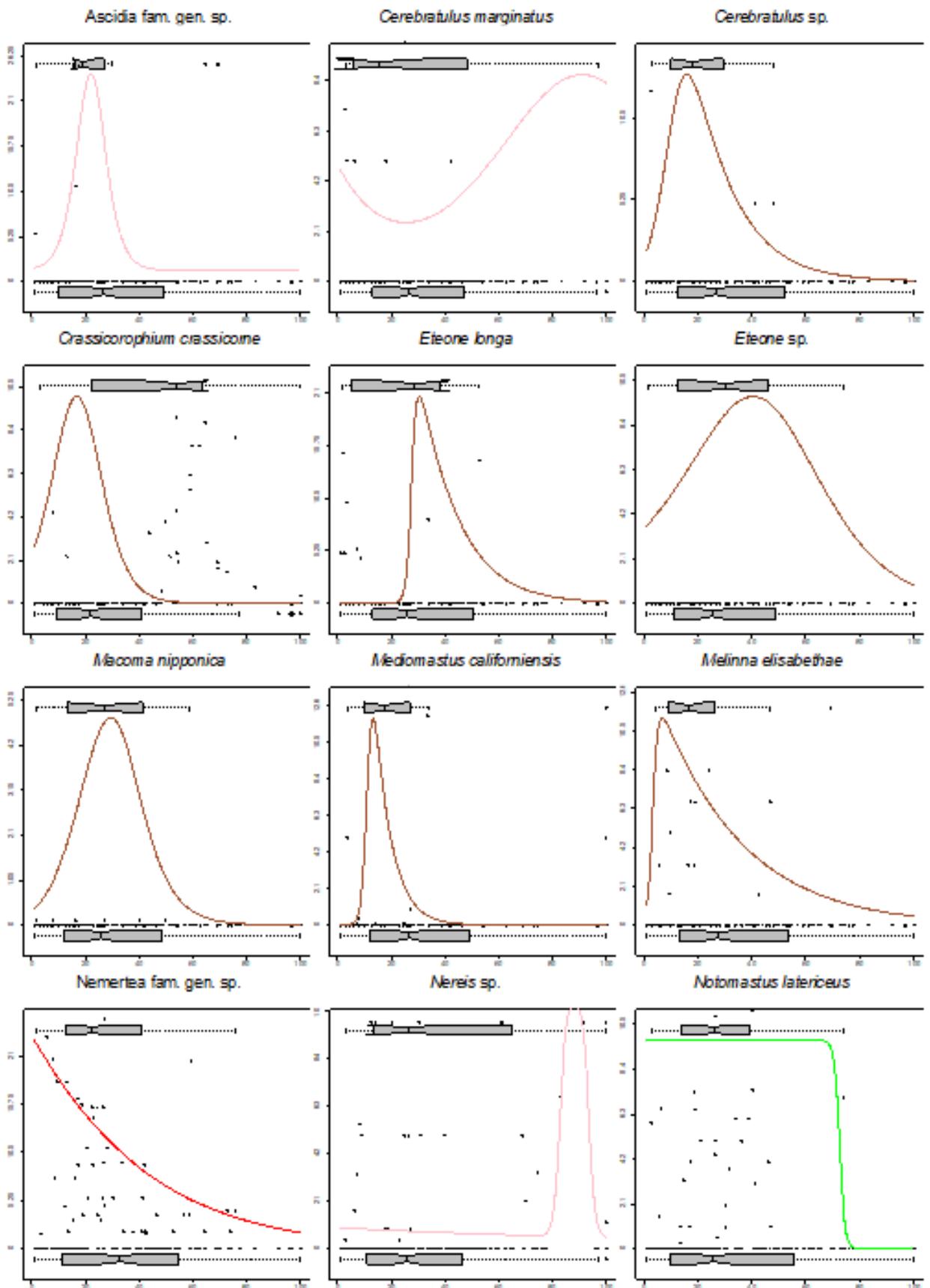


Рисунок 2.9 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база *AMBI*, май 2019 г.: группа III). Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

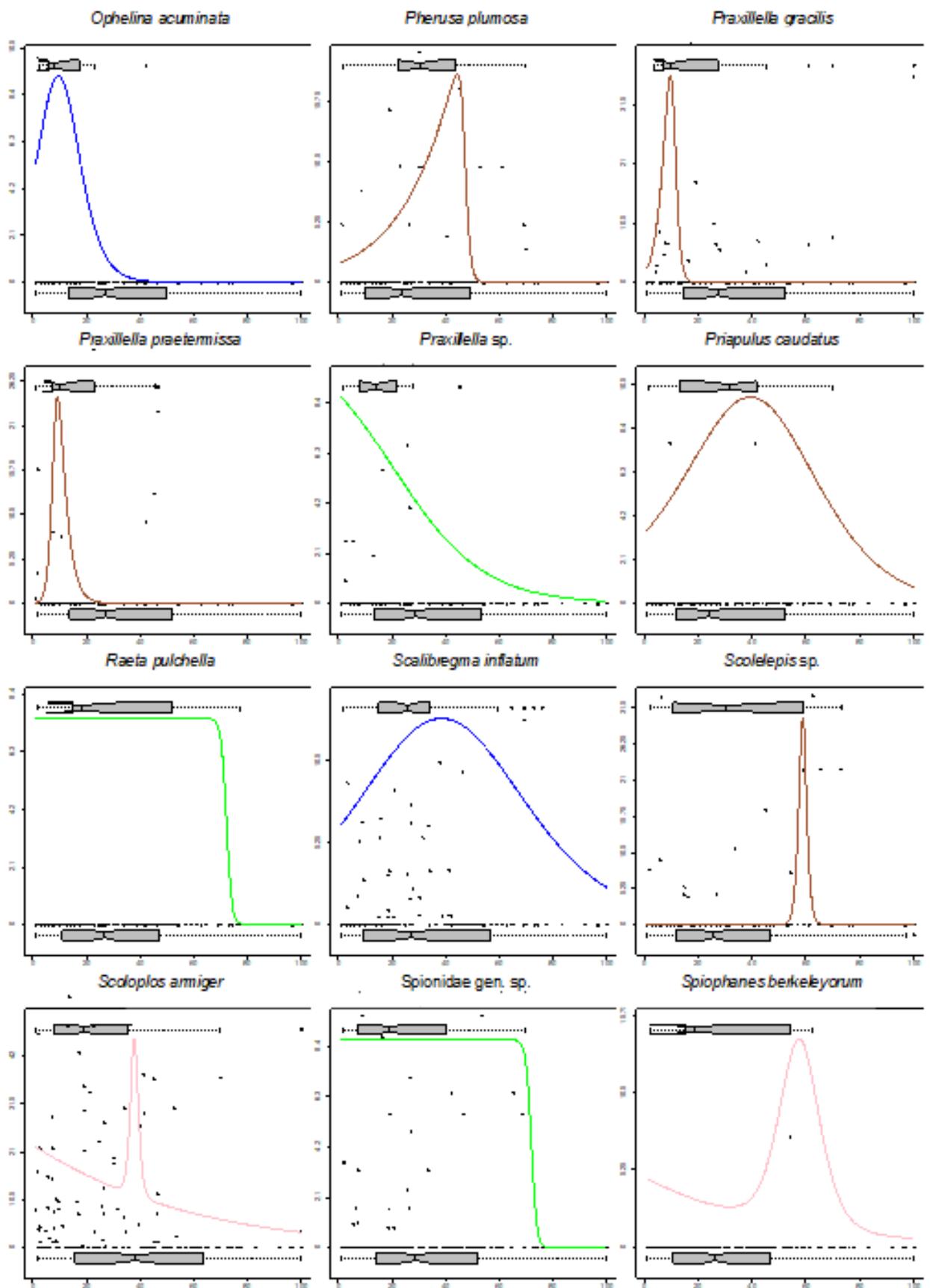


Рисунок 2.10 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база *AMBI*, май 2019 г.: группа III). Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съёмки)

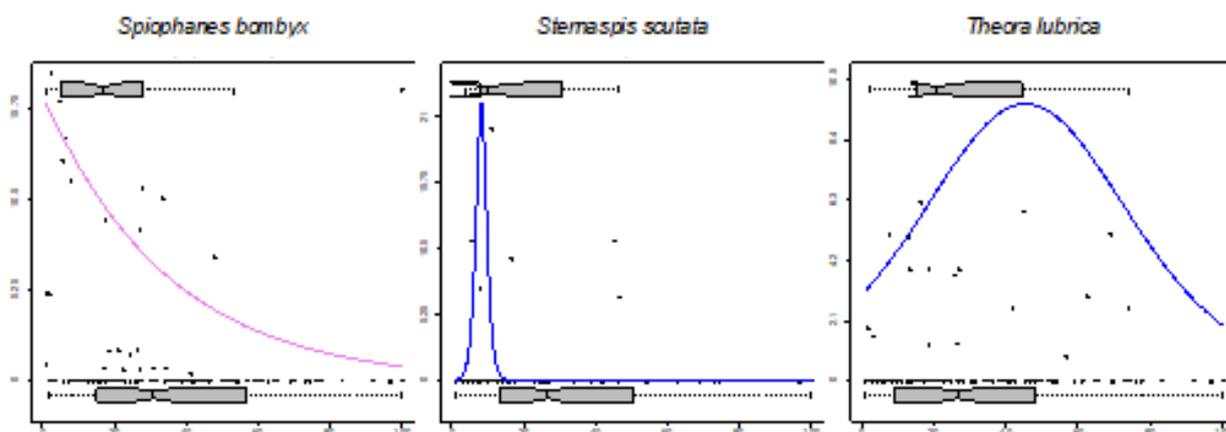


Рисунок 2.11 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база АМБИ, май 2019 г.: группа III). Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

эвтрофированной из исследованных акваторий – бухты Золотой Рог. Резкая правая асимметрия распределения свидетельствует о необходимости ее приписки как минимум к группе GIV, а то и GV (рисунок 2.12), хотя GIII и является наиболее вероятной классификацией этого червя: из 38 видов этого рода базы АМБИ 34 – отнесены именно к ней, два – к GII и два – не ассигнованы.

Распределение *N. latericeus* и *S. bombyx* вдоль градиента относительного содержания  $C_{орг}$  описывают модели соответственно VII и II типа, имеющие выраженную, особенно у второго вида, левую асимметрию (рисунок 2.12). В тоже время последний в небольших количествах встречается во всем диапазоне содержания органического углерода, а первый – «последний» раз был найден при почти 70 % его относительной концентрации. Таким образом, эти виды довольно индифферентны к росту содержания органического вещества, что в совокупности с малой численностью, соответствует описанию второй экологической группы и, следовательно, их необходимо в нее и перевести, несмотря на наиболее вероятную ассигнацию базы АМБИ (GIII; таблица 2.3).

Таким образом, из 27 исследованных видов экологической группы GIII 24 – сохранили свою ассигнацию, а три из них – поменяли. Это *Nereis* sp., *N. latericeus* и *S. bombyx*; первый был переведен в группу GIV (GV), остальные – в группу GII. Эталонными видами группы GIII, учитывая форму модельных кривых, встречаемость, способность к созданию вспышек численности при умеренном повышении содержания органического углерода, следует считать *S. inflatum*, *T. lubrica*, *C. crassicorne* и *P. caudatus*.

Экологическая группа GIV: Список представителей этой группы включает всего восемь видов многощетинковых червей (таблица 2.3). Большинство выборок довольно репрезентативны (абсолютная встречаемость 13 и более случаев обнаружения), и только

*Prionospio malmgreni* найден всего на шести станциях. Основной чертой распределения этих беспозвоночных вдоль градиента относительных концентраций  $C_{орг.}$  является выраженная правая асимметрия (см. рисунок 1). Лишь в самых суровых условиях виды, относящиеся к этой группе, должны отсутствовать. Среди нашей коллекции, по большому счету, этим требованием удовлетворяет лишь *Sigambra bassi* и, с некоторой натяжкой, *Phyllodoce groenlandica* (рисунок 2.13).

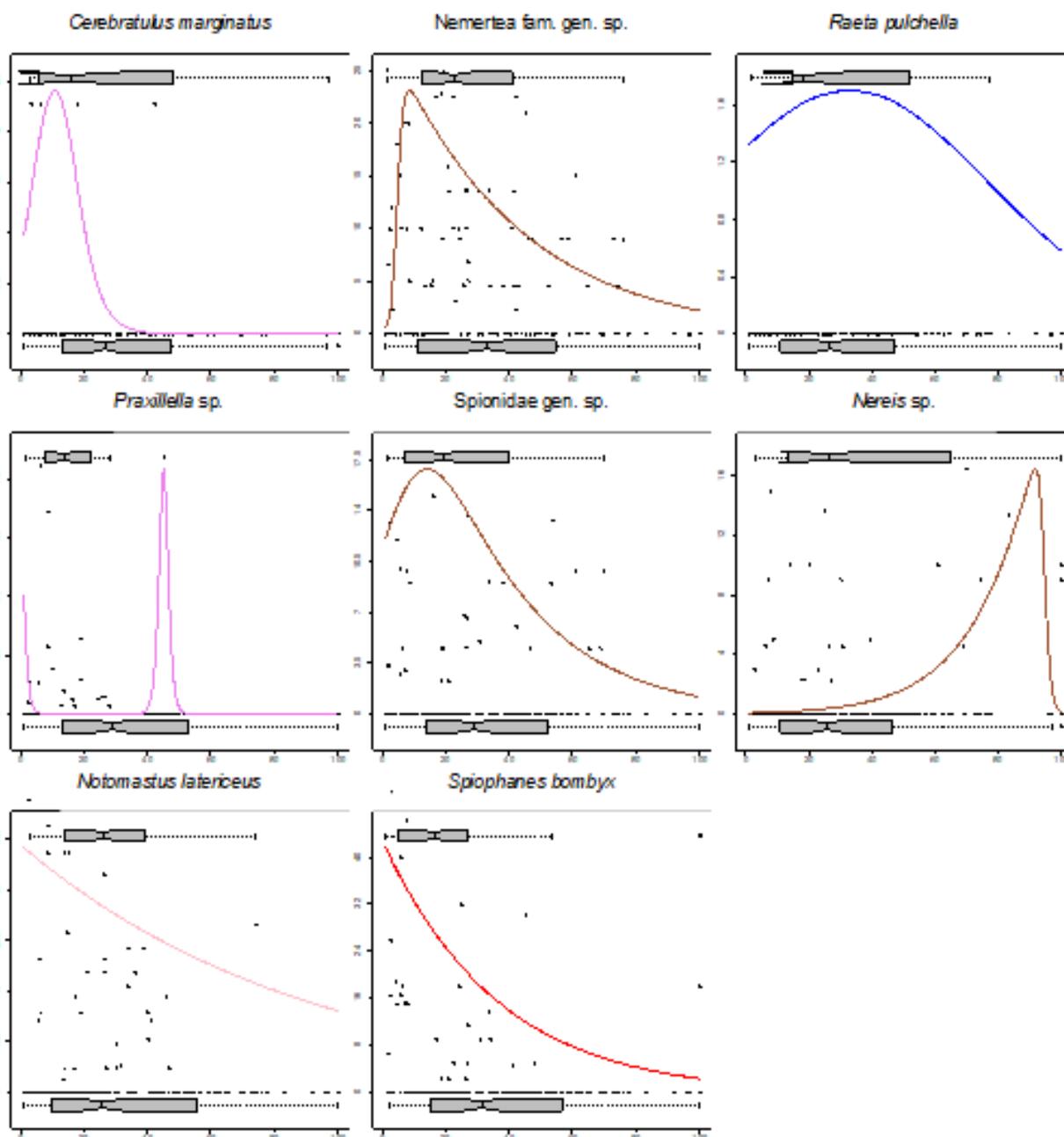


Рисунок 2.12 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база AMBI, май 2019 г.: группа III). Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (экз./м<sup>2</sup>)

Результаты дополнительного анализа распределений этих животных вдоль градиента относительных концентраций  $C_{орг.}$  на основе реальных значений плотности поселения однозначно снимают эти подозрения в отношении *Dipolydora cardalia* и, в

меньшей степени, – у *Prionospio malmgreni* (рисунок 2.13). У первого вида в форме модельной кривой проявляется отчетливая правая асимметрия; у второго – явный сдвиг экстремума в ту же сторону. Следует отметить, что малая представительность выборки *P. malmgreni* также склоняет авторов к сохранению его приписки в группе GIV, к тому же наиболее вероятной в этом роду многощетинковых червей: всего исследовано 42 вида, из них восемь отнесены к GII, пять – к GIII и 29 – к GIV (таблица 2.3).

Распределение следующих трех видов *Chaetozone setosa*, *Cirratulus cirratus* и *Polydora* sp. характеризуются отчетливыми пиками, приуроченными к умеренным относительным концентрациям органического углерода, и весьма широкими диапазонами встречаемости (рисунок 2.13). Такие черты присущи животным третьей экологической группы и, следовательно, необходимо переместить перечисленные виды именно в эту группу, несмотря на то, что их наиболее вероятная приписка – GIV (таблица 2.3).

Наконец, *Lumbrineris longifolia* – среди найденных в заливе Петра Великого представителей всего донного населения это самый проблемный, наиболее распространенный (абсолютная встречаемость – 136) и весьма многочисленный вид (средняя плотность выше только у *P. harmeri* и *D. cardalia*). Это почти «вездесущая» полихета, полностью отсутствующая только в наиболее загрязненных районах – бухтах Золотой Рог и Диомид. На всех исследованных акваториях он входил в состав титульных видов целого ряда сообществ макрозообентоса [Отчет ДВНИГМИ, 2020]. В роду *Lumbrineris* изучена принадлежность 62 видов, пять из них отнесены к группе GI, 55 – к GII и по одному – к GIII и GIV – сам *L. longifolia* (таблица 2.3).

Следует подчеркнуть, что изначально *L. longifolia* рассматривался нами как комплекс видов. На протяжении всех съемок в пробах чаще всего обнаруживались два представителя этого рода полихет: мелкие, весьма многочисленные и часто встречающиеся (*Lumbrineris* sp. 1), и более крупные, относительно редкие и малочисленные (*Lumbrineris* sp. 2). Последние в наибольшей степени подходили под описание *L. longifolia*, первые же рассматривались как его молодь. Предварительный анализ данных 1996–2018 гг. при помощи eNOF моделей показал довольно отчетливое двухвершинное распределение, хотя плотности *Lumbrineris* sp. 1 и sp. 2 в нем были «перемешаны». Причиной такого разделения, по нашему мнению, был недостаток данных для диапазона умеренных концентраций органического углерода, как относительных, так и абсолютных, на фоне весьма репрезентативной общей выборки. Заполнить этот «пробел» было одной из целей экспедиционных работ 2019 г. на прибрежных акваториях Владивостока.

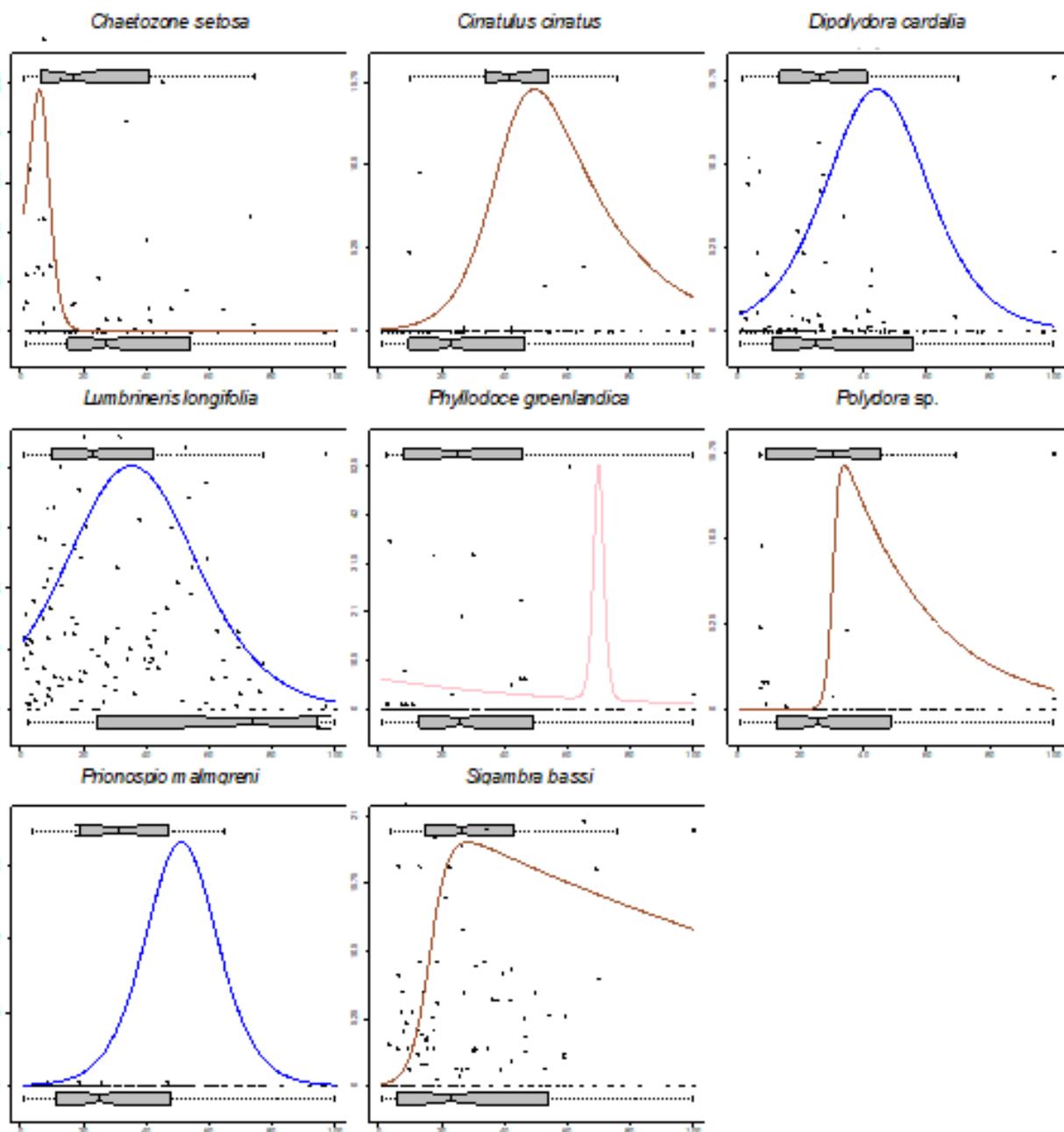


Рисунок 2.13 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база *AMBI*, май 2019 г.: группа IV). Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

В результате оказалось, что распределение как относительных, так и реальных плотностей «*L. longifolia*» имеет обычный унимодальный вид, с заметным сдвигом экстремума влево в первом случае и почти точным срединным расположением во втором (рисунок 2.13, 2.14). Эти животные встречаются на всем диапазоне содержания органического углерода, но отчетливые пики плотности, например, такие как у *C. crassicorne*, *P. harmeri* и других видов экологической группы GIII, у них отсутствуют. Следовательно, комплекс видов «*L. longifolia*», обитающий на исследованных акваториях, необходимо отнести к группе GII, как и подавляющее большинство остальных

представителей этого рода полихет. Решение таксономических проблем не является целью настоящего Отчета.

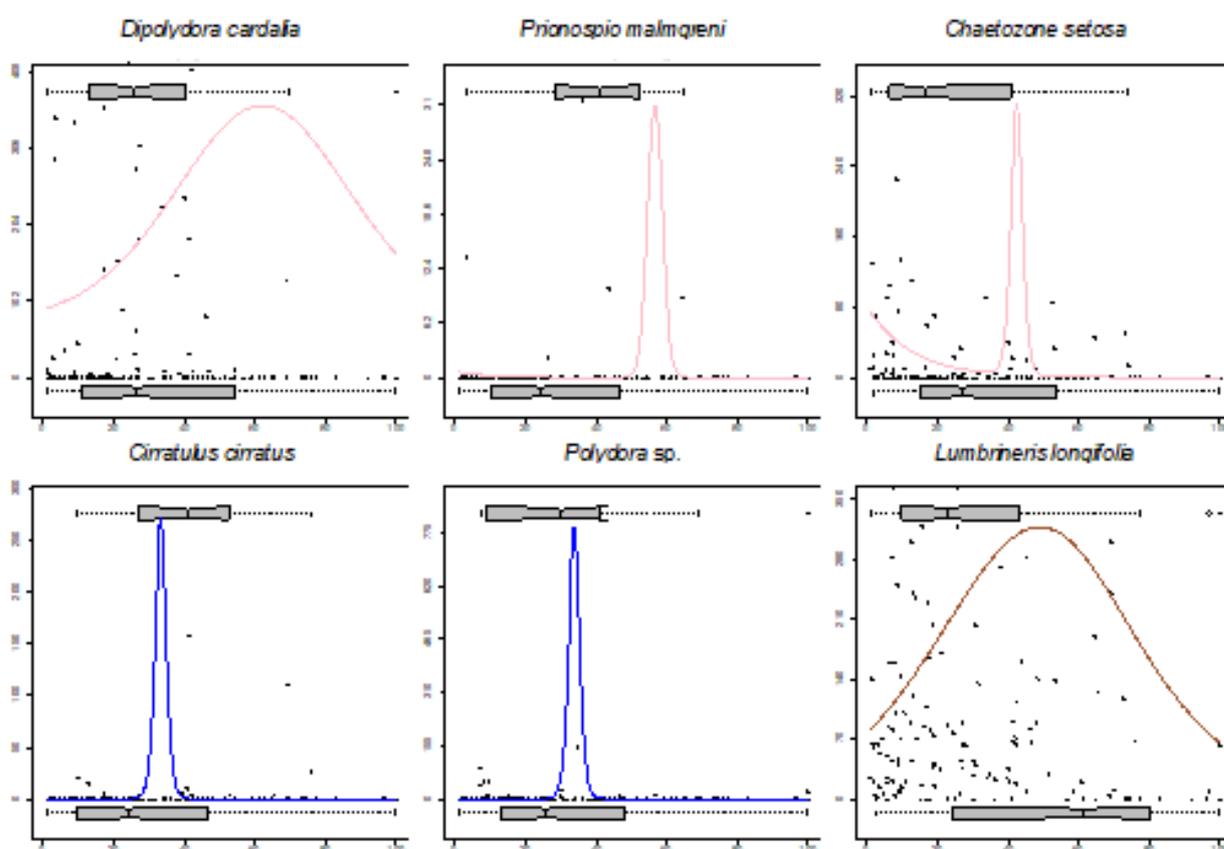


Рисунок 2.14 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база AMBI, май 2019 г.: группа IV). Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (экз./м<sup>2</sup>)

Итак, из восьми изученных видов экологической группы GIV свою приписку сохранили четыре вида и столько же ее поменяли. Это *C. setosa*, *C. cirratus*, *Polydora* sp. и комплекс «*L. longifolia*»: первые три переведены в группу GIII, последний – в GII. Эталонным видом группы GIV, учитывая форму модельной кривой, встречаемость и вариации плотности поселения, однозначно следует считать *S. bassi*.

Экологическая группа GV. В наших сборах имеется всего три представителя этой группы – многощетинковые черви *Capitella capitata* и неопределенные до вида представители семейства капителлид (предположительно, молодь *C. capitata*), а также двустворчатые моллюски *Potamocorbula amurensis*. Их распределения вдоль градиента относительных концентраций органического углерода характеризуются резкой правой асимметрией и все они, несомненно относятся к группе GV (рисунок 2.15, таблица 2.3). Любой из этих видов может служить и эталонном данной группы животных.

Таким образом, результаты анализа видов с известной ассигнацией в базе AMBI позволяют сделать следующие описания распределений их плотности поселения вдоль

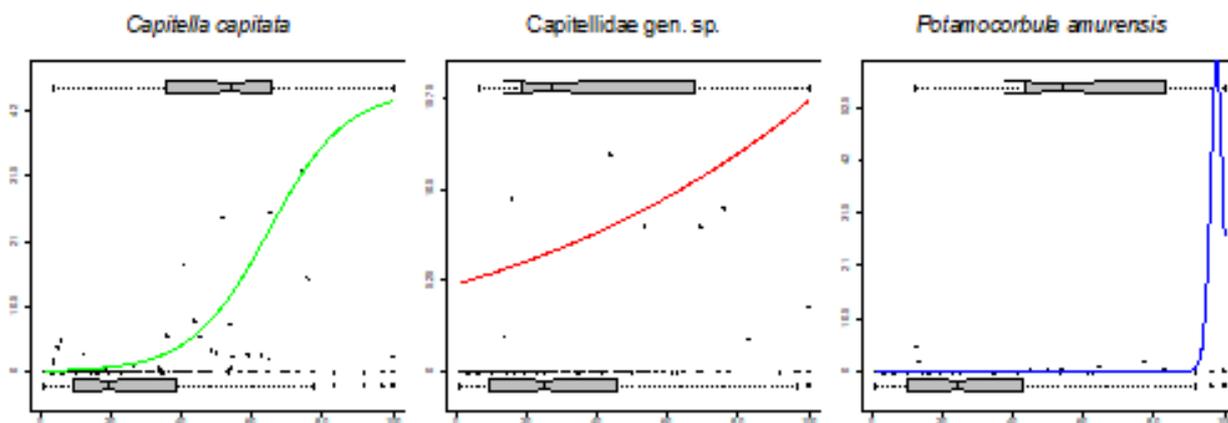


Рисунок 2.15 – Модели распределения видов макрозообентоса вдоль градиента концентраций органического углерода (база *AMBI*, май 2019 г.: группа V). Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

градиента относительной концентрации органического углерода, которые будут использованы при классификации видов с неизвестной припиской:

—GI. Характерны модели с выраженной левосторонней асимметрией (II и V типа, реже – III) и узкие диапазоны встречаемости (ниши явно сдвинуты в область малых  $C_{орг.}$ );

—GII. Распределение описывается самыми разнообразными моделями, а их форма не имеет существенного значения для принятия решения. Основные черты – широкий диапазон встречаемости, относительная малочисленность и отсутствие отчетливых всплесков плотности;

—GIII. В распределении этой группы животных проявляются хорошо выраженные пики численности при умеренном повышении  $C_{орг.}$  (вплоть до середины диапазона  $C_{орг.}$ ). Модели – IV и V, реже – VI и VII с одним явным экстремумом;

—GIV. Основной чертой распределения беспозвоночных этой группы является отчетливая правая асимметрия (модели V, VI, VII типа). Лишь при очень высоких концентрациях  $C_{орг.}$  виды этой группы должны отсутствовать;

—GV. Распределения плотностей таксонов этой группы характеризуются резкой правой асимметрией (модели II, III и др.); эти животные могут присутствовать даже при самых высоких концентрациях  $C_{орг.}$ .

Эталонными видами для группы GI являются *A. macrocephala*, *E. cordatum* и *P. rathbuni*, для GII – *M. sarsi*, *O. sarsii*, *G. capitata*, *G. maculata*, *P. orientalis*, *E. tenuis*, для GIII – *S. inflatum*, *T. lubrica*, *C. crassicorne* и *P. caudatus*, для GIV – *S. bassi*, для GV – *Potamocorbula amurensis* и *Capitella capitata*. Изменения плотности всех этих животных вдоль градиента  $C_{орг.}$  обладают хорошо выраженными чертами распределений соответствующих экологических групп.

### 2.3 Экспериментальные исследования: виды, отсутствующие в базе AMBI

В результате анализа распределения видов с неизвестной ассигнацией при помощи алгоритма eNOF были получены 52 модели (таблица 2.4, таблица А.3). Из них восемь моделей – относятся ко второму типу, семь – к третьему, девять – к четвертому, 19 – к пятому, две – к шестому и семь – к седьмому. При этом у 15 таксонов информация о близкородственных видах отсутствовала. Как и для видов известной ассигнации, ни одно из видовых распределений не было описано моделью первого типа (прямая линия), что говорит об отсутствии в нашей выборке видов, абсолютно индифферентных к росту концентрации органического вещества. Полученные модели были сгруппированы в соответствии с описаниями распределений видов различных экологических групп вдоль градиента концентраций органического углерода, сформулированными в предыдущем разделе (рисунок 2.16–2.24, таблица 2.4).

На основе формы модельных кривых, включая сравнение с таковыми эталонных видов, положению и ширине ниши 18 видов и таксонов более высокого ранга макрозообентоса были отнесены к экологической группе GI (рисунок 2.16, 2.17). Для полихет *Cistenides* sp., брюхоногих моллюсков *Derjuginella (Pyrgolampros) rufofasciata*, амфипод *Grandifoxus longirostris*, *Monoculodes breviops*, бивалвий *Yoldia johanni* и *Yoldia* sp. «классификация» авторов совпала с мнением эксперта и наиболее вероятной ассигнацией по базе AMBI. В итоге, эти виды однозначно следует отнести к группе GI.

По мнению эксперта и наиболее вероятной приписке в базе AMBI, двустворчатые моллюски *Acila insignis*, *Mya japonica*, офиуры *Amphiodia periercta*, десятиногие раки *Crangon amurensis*, гастроподы *Cryptonatica janthostoma*, амфиподы *Pontogeneia* sp. и *Protomedeia epimerata* принадлежат к группе GII, что противоречит результатам статистического анализа. Использование реальных значений плотности вместо ее относительных значений, по сути, ничего не меняет: изменяются типы моделей, например с V на IV, как у *P. epimerata*, однако у всех них сохраняется выраженная левая асимметрия в форме кривых и положении ниш (рисунок 2.16–2.18). Пожалуй, только для *C. amurensis* и *Pontogeneia* sp. можно было бы согласиться с экспертом – эти виды и малочисленны и обитают в широком диапазоне  $C_{орг.}$ , однако диапазон их встречаемости не шире такового у *D. rufofasciata*, который однозначно приписан к GI. Возможно, здесь имеется некое таксономическое несоответствие, однако, так или иначе, перечисленные виды, найденные на акватории залива Петра Великого, следует ассигновать именно в эту экологическую группу.

Для бивалвий *Felaniella usta* и декапод *Gaetice depressus*, а также представителей семейства многощетинковых червей Polynoidae и класса бороздчатобрюхих (Solenogastres)

Таблица 2.4 – Некоторые характеристики видов макрозообентоса, отсутствующих в базе данных *АМБИ* (май 2019) и входящих в экспериментальную выборку

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	±SE	max	Тип модели еНОВ	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе <i>АМБИ</i> )	Предложение А. Воржа	Рекомендация (группа для вычисления <i>АМБИ</i> и <i>М-АМБИ</i> )
<i>Acila insignis</i>	Bivalvia	19	17	6	500	II	1 (II)	II	II	I
<i>Ampharete</i> sp.	Polychaeta	49	6	2	155	VI	19 (7-I, 10-II, 2-III)	II	—	II
Ampharetidae gen. sp.	Polychaeta	12	3	1	25	V	—	—	—	III
<i>Amphiodia fissa</i>	Ophiuroidea	33	8	2	135	II	5 (2-I, 2-II, 1-III)	I-II	I	II
<i>Amphiodia periercta</i>	Ophiuroidea	7	0.2	0.1	11	V	5 (2-I, 2-II, 1-III)	I-II	II	I
<i>Aphelochaeta pacifica</i>	Polychaeta	71	359	73	4545	V	16 (2-III, 14-IV)	IV	IV	IV
Aphroditidae gen. sp.	Polychaeta	11	1	0.3	33	III	—	—	—	IV
<i>Asterias amurensis</i>	Asteroidea	13	1	0.3	32	III	4 (1-II, 3-III)	III	III	IV
<i>Axinopsida orbiculata subquadrata</i>	Bivalvia	43	6	2	240	II	2 (III)	III	—	II
<i>Bela erosa</i>	Gastropoda	16	2	1	88	II	9 (I)	I	I	II
<i>Cerebratulus signatus</i>	Nemertea	7	0.4	0.2	21	IV	5, (2-II, 3-III)	III	III	III
<i>Cheilonereis cyclurus</i>	Polychaeta	15	4	1	108	VII	—	—	—	V
<i>Chone cincta</i>	Polychaeta	8	87	85	13406	IV	22 (II)	II	II	IV
<i>Cistenides</i> sp.	Polychaeta	7	0.4	0.2	13	V	3 (2-I, 1-II)	I	I	I
<i>Crangon amurensis</i>	Decapoda	11	0.3	0.1	7	VII	11 (4-I, 7-II)	II	II	I
<i>Cryptonatica janthostoma</i>	Gastropoda	9	0.3	0.1	10	II	1 (II)	II	II	I
<i>Cymatoica orientalis</i>	Bivalvia	6	0.3	0.2	33	IV	—	—	—	III
<i>Derjuginella rufofasciata</i>	Gastropoda	12	1	0.2	23	II	—	—	I	I
<i>Edwardsia japonica</i>	Actiniaria	20	4	1	90	V	14 (13-II, 1-III)	II	II	III
<i>Eteone bistriata</i>	Polychaeta	7	1	0.4	40	III	16 (6-II, 9-III, 1-IV)	III	—	IV
<i>Felaniella usta</i>	Bivalvia	5	1	0.4	47	III	1	—	—	I
<i>Gaetice depressus</i>	Decapoda	5	0.3	0.1	16	IV	1	—	—	I
<i>Grandifoxus longirostris</i>	Amphipoda	12	3	1	129	III	1 (I)	I	I	I
Lineidae gen. sp.	Nemertea	22	1	0.4	36	VII	—	—	—	II
<i>Macoma scarlatoi</i>	Bivalvia	12	2	1	65	V	30 (2-I, 15-II, 12-III)	II-III	III	III
<i>Macoma</i> sp.	Bivalvia	27	3	2	248	III	30 (2-I, 15-II, 12-III)	II-III	—	II

Продолжение таблицы 2.4

Таксон	Таксономическая группа	Абсолютная встречаемость	Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	±SE	max	Тип модели eHOF	Число исследованных видов (группы)	Наиболее вероятная группа (по базе AMBI)	Предложение А. Воҗа	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
<i>Menestho exarattissima</i>	Gastropoda	11	6	3	370	V	1 (I)	I	—	V
<i>Monoculodes breviops</i>	Amphipoda	6	0.2	0.1	10	II	17 (16-I, 1-II)	I	I	I
<i>Monoculodes diamesus</i>	Amphipoda	6	0.4	0.2	18	V	17 (16-I, 1-II)	I	I	IV
<i>Mya japonica</i>	Bivalvia	6	0	0.1	15	IV	3 (II)	II	II	I
<i>Mya pseudoarenaria</i>	Bivalvia	8	1	1	89	IV	3 (II)	II	II	III
<i>Mya uzenensis</i>	Bivalvia	13	2	1	45	VII	3 (II)	II	II	III
<i>Nassarius multigranosus</i>	Gastropoda	6	2	1	93	VI	44 (1-I, 36-II, 4-III, 3-IV)	II	II	V
Nereidae gen. sp.	Polychaeta	9	1	1	55	VII	—	—	—	IV
<i>Nothria iridescens</i>	Polychaeta	6	2	2	275	V	7 (1-I, 6-II)	II	II	III
Phyllodocidae gen. sp.	Polychaeta	18	1	0	50	V	—	—	—	II
<i>Pleusymtes</i> sp.	Amphipoda	14	1	0.3	27	V	1 (II)	II	II	III
Polynoidae gen. sp.	Polychaeta	14	4	2	47	V	—	—	—	I
<i>Pontogeneia</i> sp.	Amphipoda	10	3	2	287	VII	1 (II)	II	II	I
<i>Pontoporeia furcigera</i>	Amphipoda	7	52	43	6780	IV	3 (I)	I	—	III
<i>Prionospio nova</i>	Polychaeta	7	1	1	184	IV	42 (8-II, 5-III, 29-IV)	IV	—	I
<i>Prionospio</i> sp.	Polychaeta	15	2	1	140	III	42 (8-II, 5-III, 29-IV)	IV	—	II
<i>Protocallithaca adamsi</i>	Bivalvia	25	2	1	68	V	3 (2-II, 1-III)	II	III	III
<i>Protomedeia epimerata</i>	Amphipoda	10	4	3	430	V	7 (II)	II	II	I
<i>Protomedeia</i> sp.	Amphipoda	19	3	1	130	V	7 (II)	II	II	II
<i>Schistomeringos japonica</i>	Polychaeta	63	65	17	2043	V	9 (4-II, 3-IV, 2-V)	IV-V	IV	V
Solenogastres fam. gen. sp.	Solenogastres	14	1	1	63	IV	—	—	—	I
<i>Synandwakia</i> sp.	Actiniaria	8	1	1	60	V	—	—	—	III
<i>Synidotea cinerea</i>	Isopoda	13	1	0.2	30	V	4	—	—	III
Terebellidae gen. sp.	Polychaeta	13	1	0.2	20	V	—	—	—	III
<i>Yoldia johanni</i>	Bivalvia	12	1	0.2	14	II	7 (I)	I	I	I
<i>Yoldia</i> sp.	Bivalvia	12	2	1	100	VII	7 (I)	I	I	I

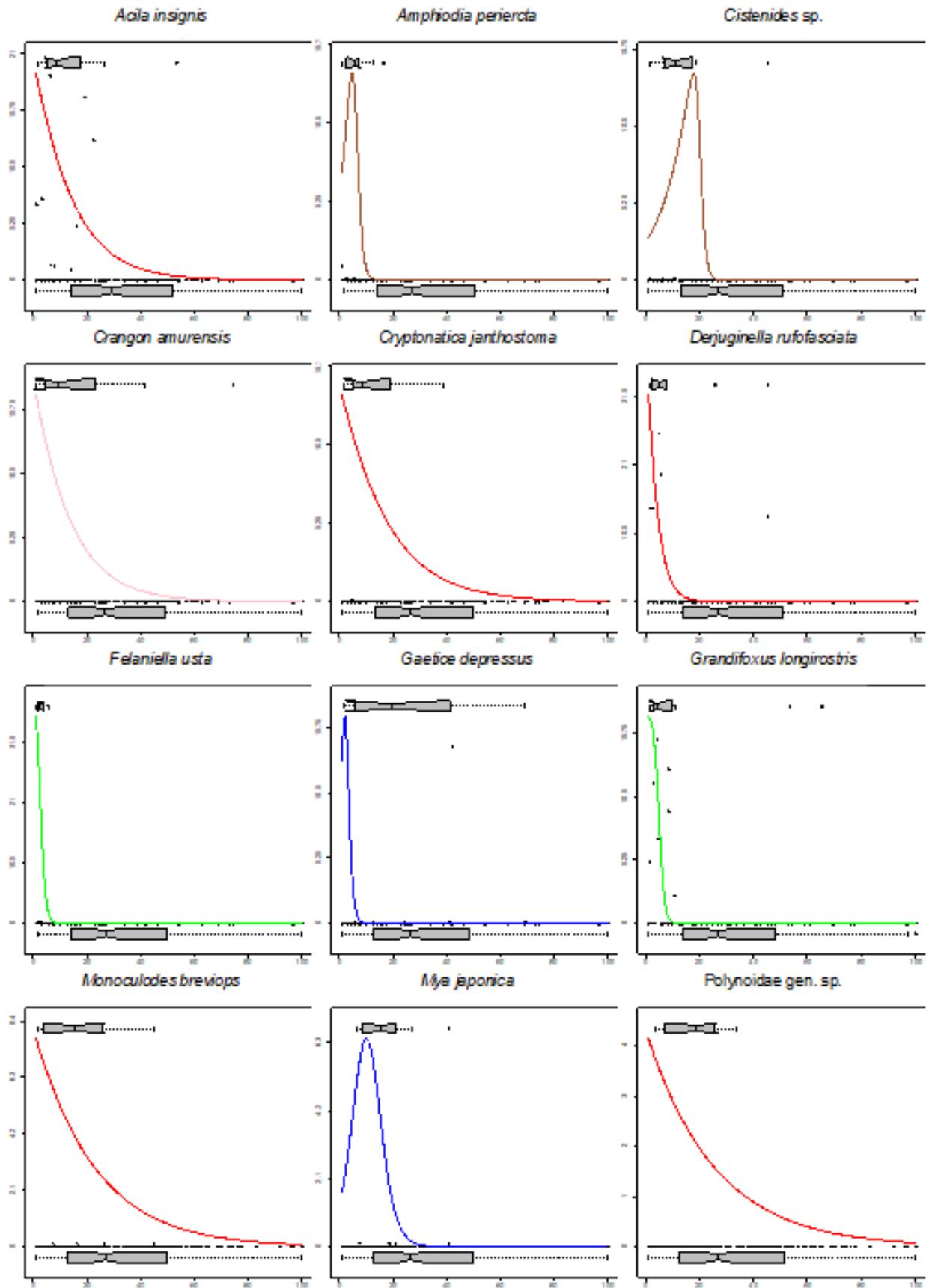


Рисунок 2.16 – Модели распределения видов макрозообентоса (экологическая группа GI), отсутствующих в базе *AMBI*, вдоль градиента концентраций органического углерода. Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съёмки)

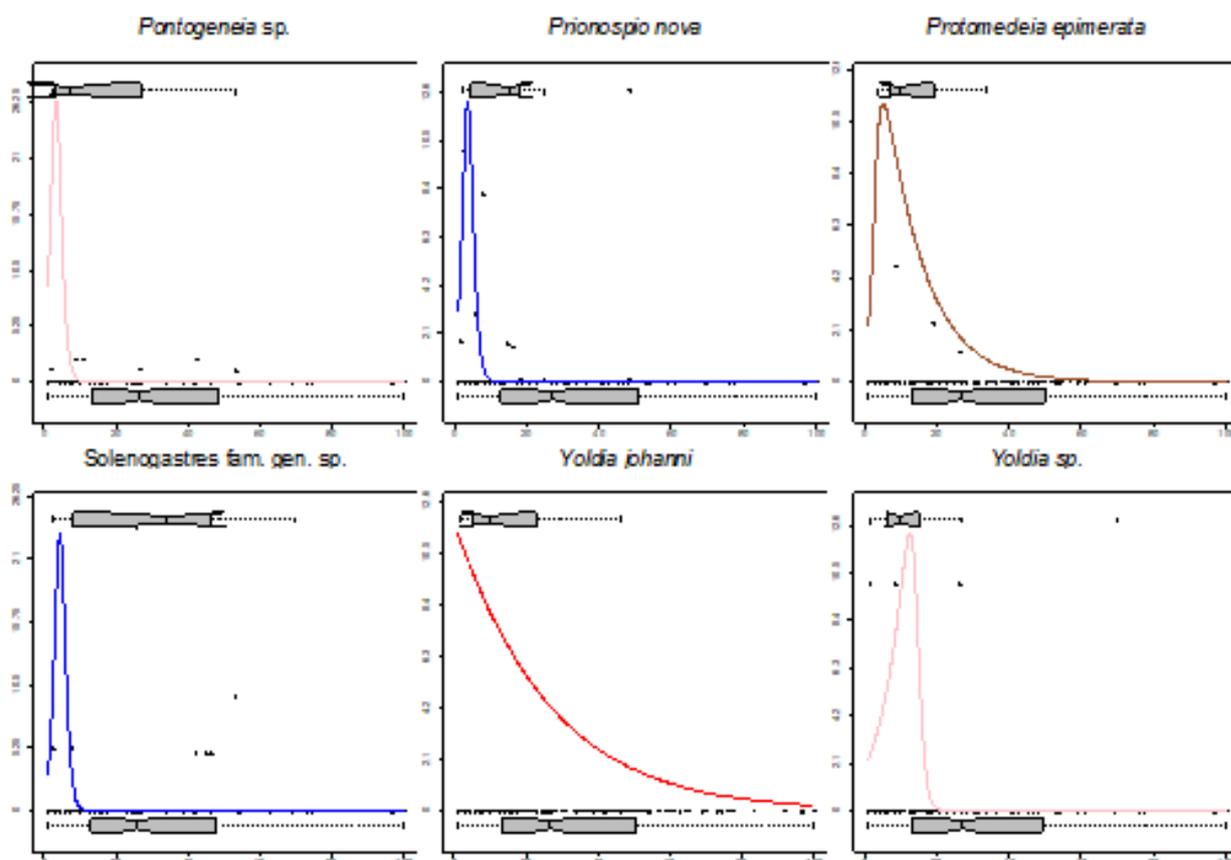


Рисунок 2.17 – Модели распределения видов макрозообентоса (экологическая группа GI), отсутствующих в базе AMBI, вдоль градиента концентраций органического углерода. Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

отсутствует как мнение эксперта, так и информация о групповой принадлежности их близкородственных животных. Вероятно, учитывая форму модельных кривых, следует принять волевое решение, столь знакомое практикам-систематикам, и приписать их к GI, хотя для соленогастров, имеющих очень широкий диапазон встречаемости, такой поступок и вызывает долю сомнения. Наконец, полихета *Prionospio nova*. В базу AMBI включены 42 вида этого рода многощетинковых червей, восемь из них отнесены к GII, пять – к GIII, 29 – к GIV и ни одного – к GI и GV. В нашем случае, его принадлежность к GI столь же отчетлива, как и у *F. usta*.

Положение, ширина ниши и отсутствие отчетливых всплесков численности следующих девяти видов и таксонов более высокого ранга макрозообентоса позволяет отнести их к экологической группе GII (рисунок 2.19). У *Protomedeia* sp. эта приписка подтверждается мнением эксперта и наиболее вероятной ассигнацией в базе AMBI (таблица 2.4). Офиуру *Amphiodia fissa* и брюхоногого моллюска *Bela erosa* эксперт относит к группе GI, а бивальвию *Axinopsida orbiculata* – к GIII, что, в целом, совпадает и с припиской их близкородственных видов (у *A. fissa* предпочтения делятся поровну между GI и GII). Однако это противоречит экспериментальным данным и, следовательно, эти виды должны быть ассигнованы в GII.

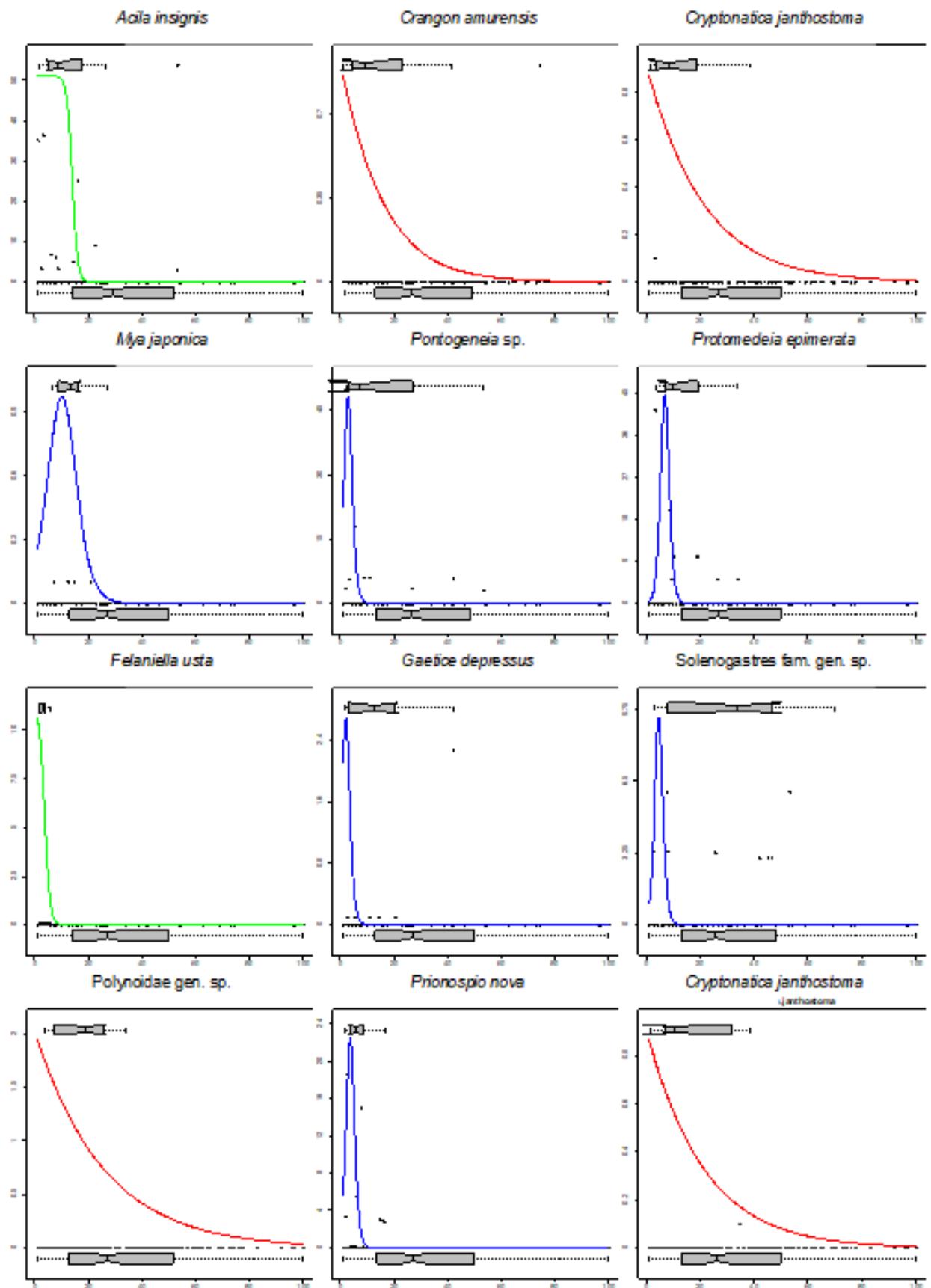


Рисунок 2.18 – Модели распределения видов макрозообентоса (экологическая группа GI), отсутствующих в базе *AMBI*, вдоль градиента концентраций органического углерода. Ось абсцисс – содержание органического углерода (%), ось ординат – плотность поселения (экз./м<sup>2</sup>)

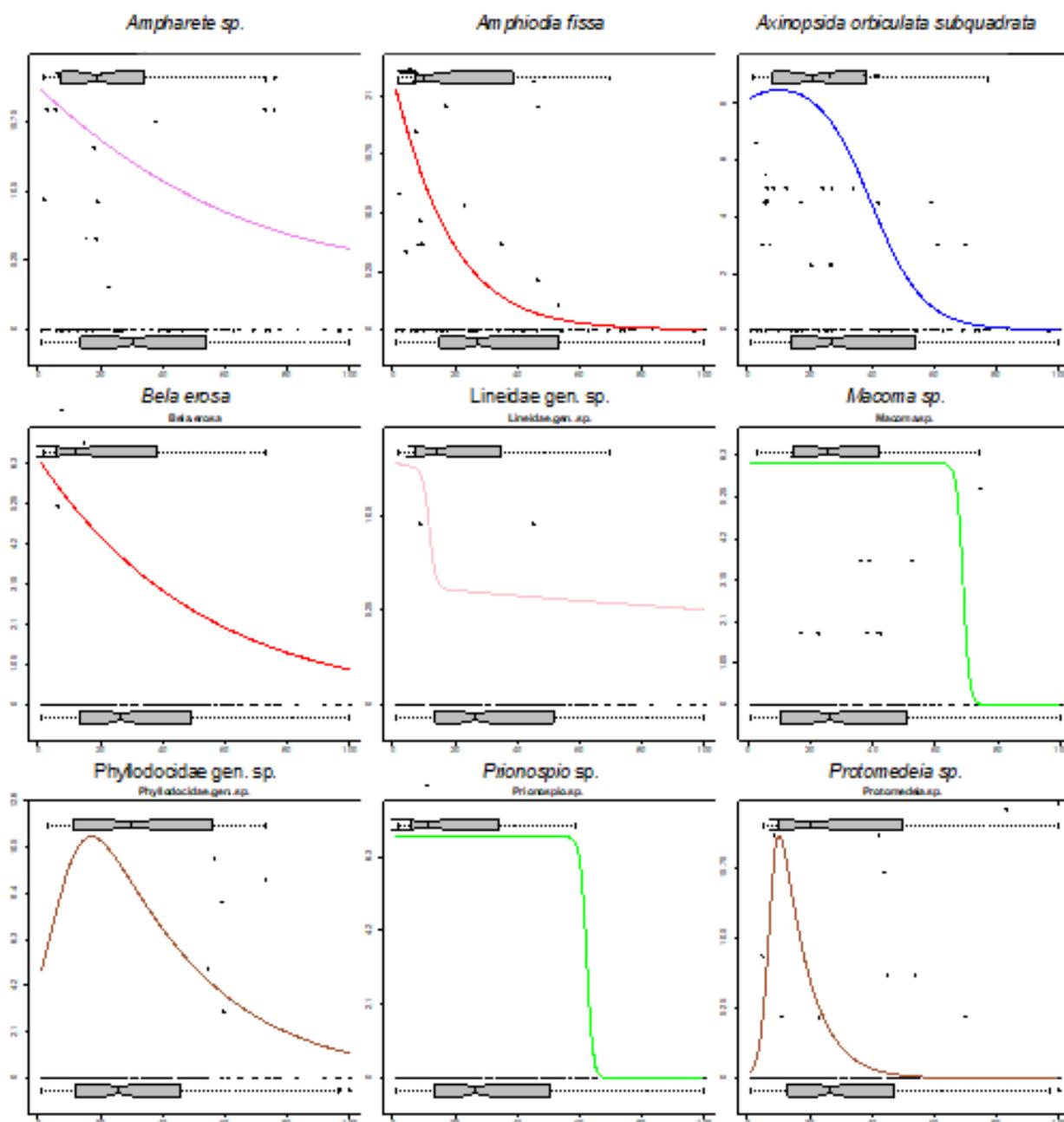


Рисунок 2.19 – Модели распределения видов макрозообентоса (экологическая группа ГII), отсутствующих в базе AMBI, вдоль градиента концентраций органического углерода. Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

Следует отметить, что *A. orbiculata*, имеющий ассигнацию в базе AMBI, не совсем тот «вид», который обитает в заливе Петра Великого, где распространен его подвид – *A. orbiculata subquadrata*. Большинство исследованных видов полихет рода *Ampharete* принадлежат к ГII (таблица 2.4). Это, как и особенности распределения *Ampharete* sp. вдоль градиента относительного содержания  $C_{орг}$ , свидетельствует в пользу его приписки именно к данной группе. У оставшихся видов – двустворчатого моллюска *Macoma* sp., полихет *Prionospio* sp. и неопределенных до вида представителей семейства филлодоцид, а также немертин семейства линеиды (*Phyllodoctidae* gen. sp. и *Lineidae* gen. sp.) – мнение эксперта

отсутствует, а у двух последних таксонов – нет и сведений о приписке близкородственных животных. В базе AMBI для рода *Macoma* есть ассигнация 30 видов (два из них отнесены к GI, 15 – к GII и 12 – к GIII), для рода *Prionospio* – 42 (наиболее вероятная – GIV; таблица 2.4). Эта информация, до некоторой степени, снимает сомнения в отнесении *Macoma* sp. к GII; остальные таксоны должны быть приписаны к этой же группе на основе результатов статистического анализа (рисунок 2.19, таблица 2.4).

По форме модельных кривых и отчетливо выраженным пикам численности при умеренном повышении  $C_{орг.}$  (вплоть до середины диапазона  $C_{орг.}$ ) 14 видов и таксонов более высокого ранга макрозообентоса были отнесены к экологической группе GIII (рисунок 2.20, 2.21, таблица 2.4). Для немертины *Cerebratulus signatus*, двустворчатых моллюсков *Macoma scarlatoi* и *Protocallithaca adamsi* вывод о групповой принадлежности, основанный на статистическом анализе, подтверждается мнением эксперта, а для *C. signatus* – еще и припиской большинства видов этого рода в базе AMBI.

Актинии *Edwardsia japonica*, бивалвии *Mya pseudoarenaria*, *Mya uzenensis*, многощетинковые черви *Nothria iridescens* и разноногие раки *Pleusymtes* sp. в базе AMBI помещены в группу GII, к ней же этих животных относит и А. Боря. Однако это противоречит результатам моделирования и наличию отчетливых всплесков плотности поселения внутри первой половины диапазона изменений  $C_{орг.}$  (рисунок 2.20, таблица 2.4). Возможно, здесь имеется таксономическое несоответствие, однако, так или иначе, перечисленные виды, найденные на исследованной акватории, следует ассигновать именно в экологическую группу GIII.

Близкие амфиподам *Pontoporeia furcigera* виды приписаны в базе AMBI к GI (таблица 2.4). «Пиковая» плотность поселения достигает 6780 экз./м<sup>2</sup> и явно приурочена к «умеренному повышению» содержания органического углерода, что отражается в форме модельной кривой (рисунок 2.20). Следовательно, этот разноногий рак так же должен быть приписан к группе GIII. Для полихет семейств Ampharetidae и Terebellidae, двустворчатых моллюсков *Cymatoica orientalis*, актиний *Synandwakia* sp. и равноногих раков *Synidotea cinerea* отсутствует как мнение эксперта, так и информация о групповой принадлежности их близкородственных видов (таблица 2.4). Вместе с тем, их ассигнация в экологическую группу GIII не вызывает сомнений, о чем свидетельствуют результаты моделирования (рисунок 2.20, 2.21).

Отчетливой правой асимметрией модельных кривых обладают распределения многощетинковых червей *Aphelochaeta pacifica*, *Eteone bistrata* и неопределенных до вида афродитид (Aphroditidae), а также морских звезд *Asterias amurensis* (рисунок 2.22). Для полихет *Chone cincta*, амфипод *Monoculodes diamesus*, многощетинковых червей семейства

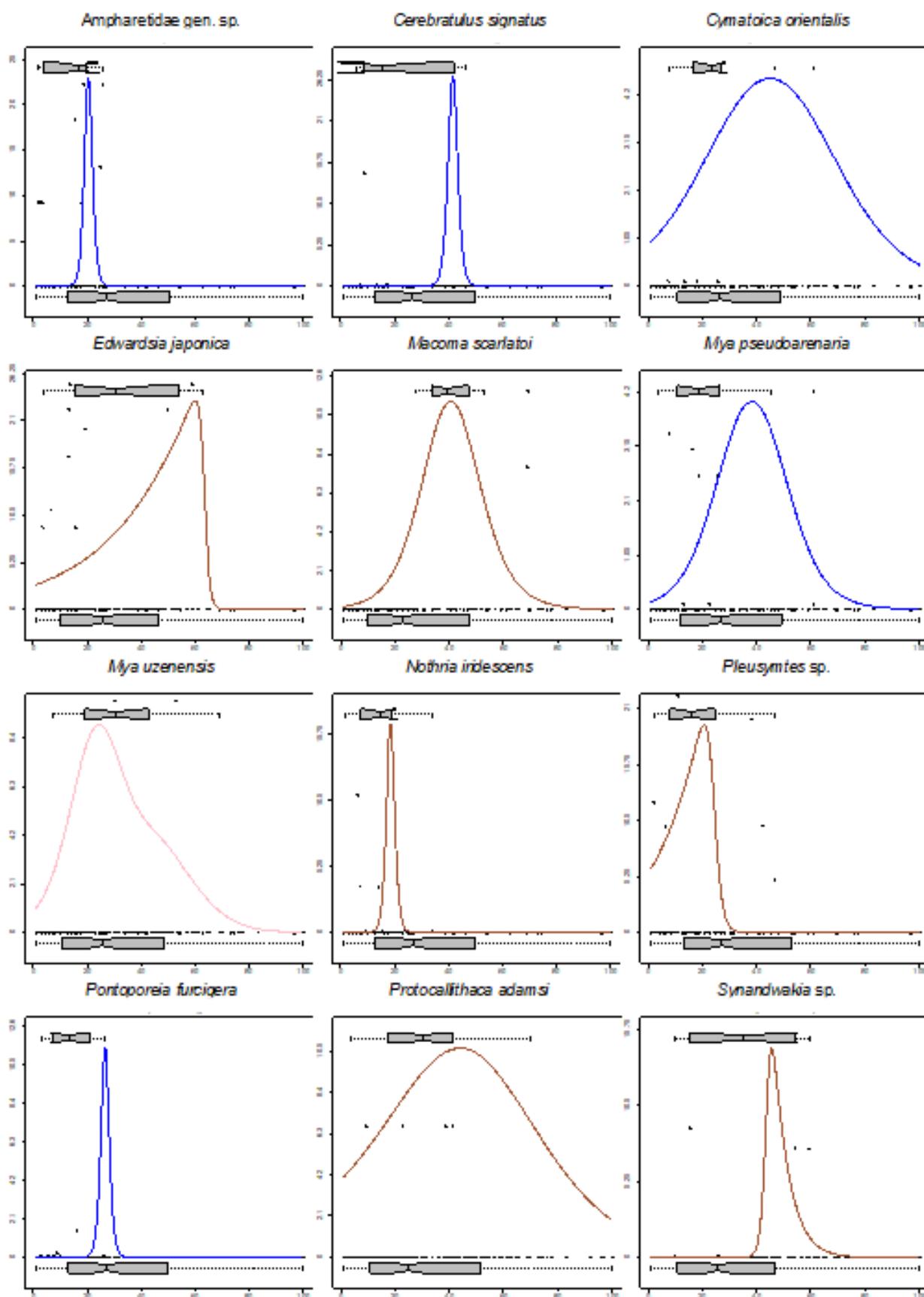


Рисунок 2.20 – Модели распределения видов макрозообентоса (экологическая группа GIII), отсутствующих в базе AMBI, вдоль градиента концентраций органического углерода. Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

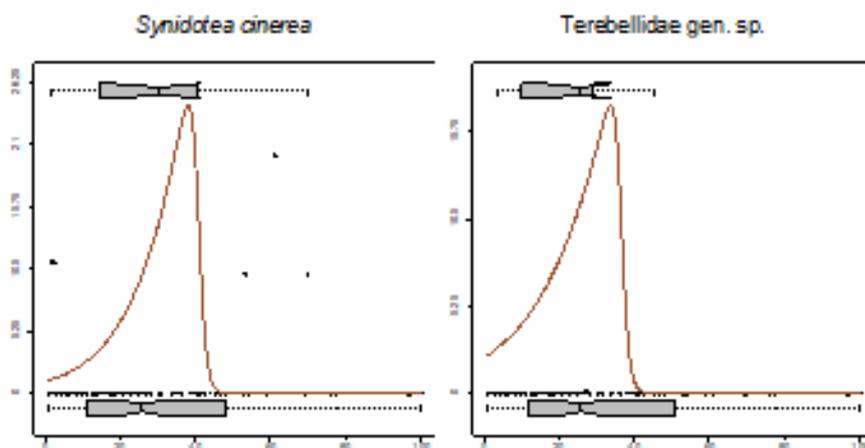


Рисунок 2.21 – Модели распределения видов макрозообентоса (экологическая группа GIII), отсутствующих в базе AMBI, вдоль градиента концентраций органического углерода. Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

Nereidae, брюхоногого моллюска *Nassarius multigranosus* характерны пики плотности, смещенные в правую половину диапазона относительных концентраций  $C_{орг.}$ , причем степень этого смещения возрастает в ряду перечисленных представителей донной фауны.

Для *A. pacifica* вывод о групповой принадлежности, основанный на статистическом анализе, совпадает с мнением эксперта и припиской большинства видов этого рода в базе AMBI, причем схема распределения этих полихет почти идентична таковой эталонного вида группы GIV – *S. bassi* (рисунок 2.22, таблица 2.4). *A. amurensis* отнесена экспертом к экологической группе GIII, *C. cincta* и *N. multigranosus* – к GII, *M. diamesus* – к GI; к этим же группам относится и большинство изученных видов перечисленных родов животных. Для *E. bistriata* наиболее вероятной группой является GIII. Для афродитид и nereid дополнительная информация отсутствует.

Морскую звезду *A. amurensis* вряд ли можно рассматривать как «вид-оппортунист 2-го порядка» и тем более как «подповерхностного грунтоеда». Вместе с тем, выраженная правая асимметрия модельной кривой, которая еще больше усиливается при использовании реальной плотности, указывает на необходимость приписки этих животных к GIV (рисунок 2.22). Другой вариант – согласится с экспертным мнением, и сохранить за этим животным ассигнацию в GIII. Однако более чем за 40-летнее знакомство с бентосом залива Петра Великого и богатый водолазный опыт, авторы ни разу не фиксировали вспышки численности *A. amurensis*. Да, они мигрируют к трупам рыб и другой падали, образуют скопления на садках марикультуры, но сомнительно, что эти поселения являются вспышками численности в том смысле, который заложен в самом этом термине. Поэтому, наиболее вероятная приписка данного вида – GIV.

Виды рода *Chone* относятся к числу толерантных к загрязнению животных [50–52]. Очевидно, что и *C. cincta* не является исключением из этого списка – вспышка его численности

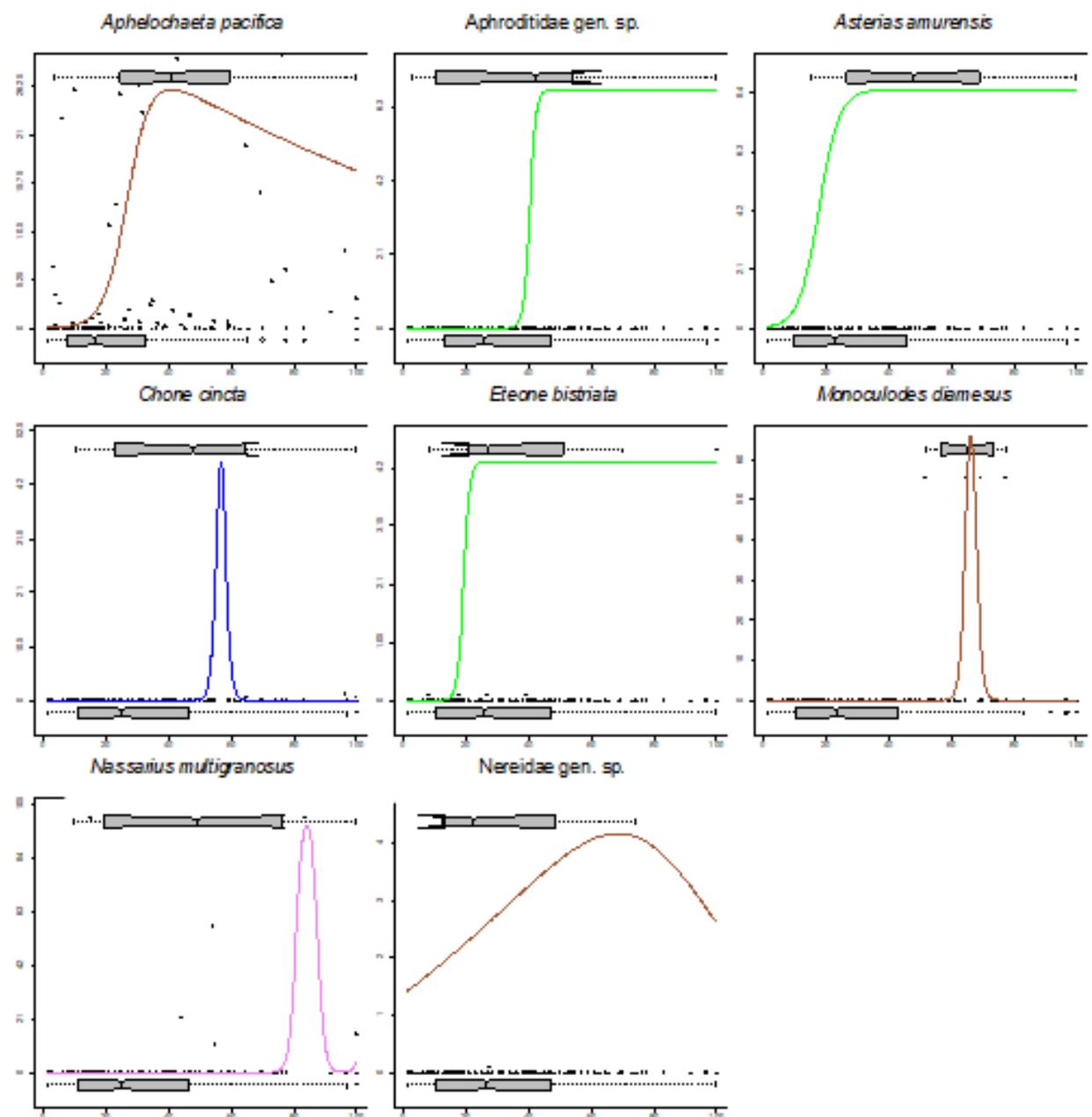


Рисунок 2.22 – Модели распределения видов макрозообентоса (экологическая группа GIV), отсутствующих в базе AMBI, вдоль градиента концентраций органического углерода. Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (в % от максимума для каждой съемки)

(13406 экз./м<sup>2</sup>) приурочена к внутренней части бухты Золотой Рог, которая характеризуется весьма суровыми условиями в отношении загрязнения и эвтрофикации. Следует подчеркнуть, что выборка этой станции усиливает правую асимметрию модельной кривой еще в большей степени (рисунок 2.23). Таким образом, наиболее вероятная группа приписки *C. cincta* – GIV.

Использование реальных значений плотности поселения у *N. multigranosus* ведет, как и у *A. amurensis*, к еще большей правой асимметрии модельной кривой (рисунок 2.23). Такая же процедура для *E. bistriata* (и выборка станции с «пиковой» плотностью) и

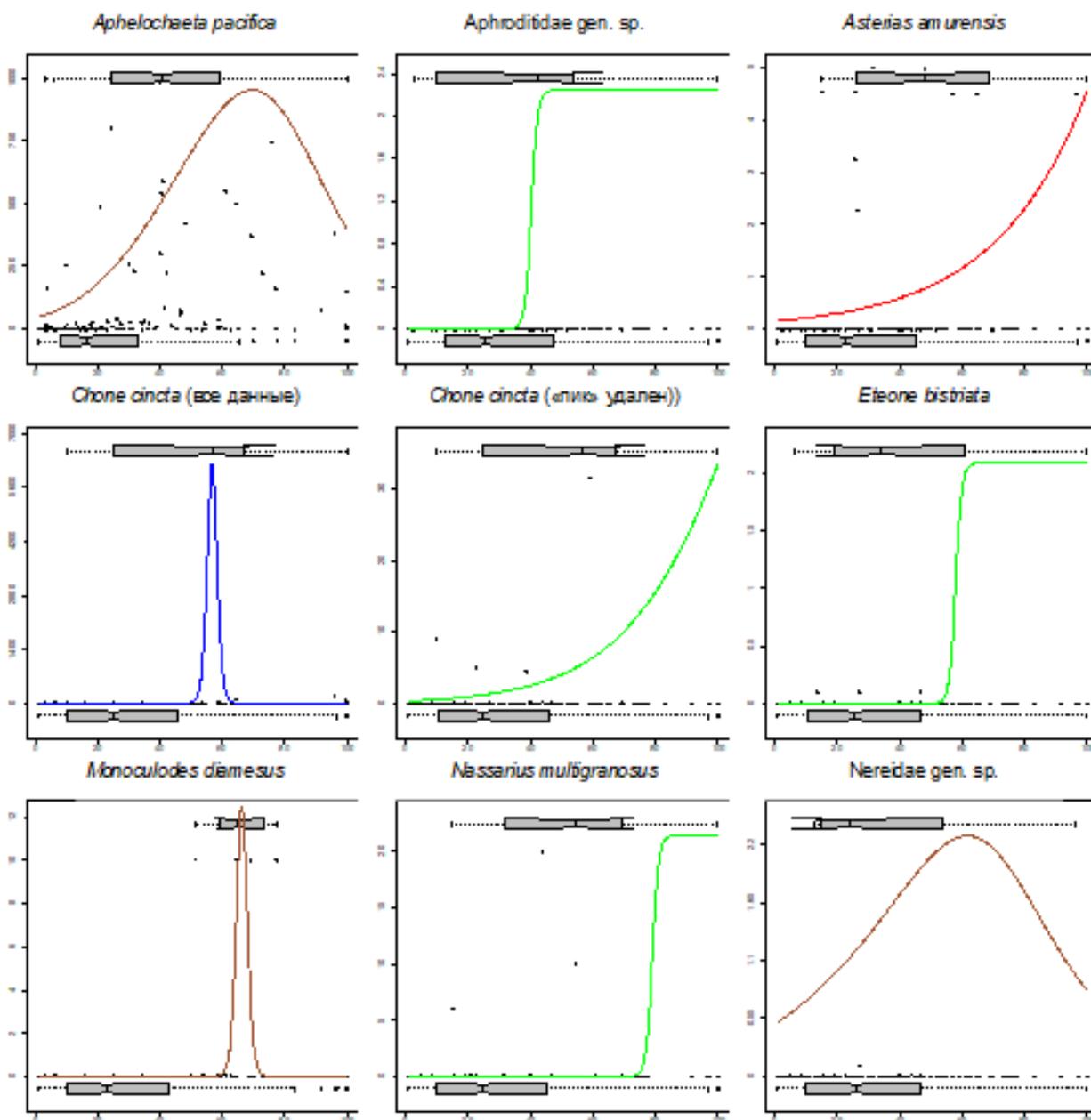


Рисунок 2.23 – Модели распределения видов макрозообентоса (экологическая группа G1), отсутствующих в базе *AMBI*, вдоль градиента концентраций органического углерода. Ось абсцисс – относительное содержание органического углерода (%), ось ординат – плотность поселения (экз./м<sup>2</sup>)

афродитид приводит к почти идентичному результату (рисунок 2.23); все станции с ненулевыми плотностями *M. diamesus* приурочены к диапазону относительных концентраций  $C_{орг}$  51,5–77,3 % (пик – 65,4 %). Все эти факты говорят, что *N. multigranulosus*, *E. bistrata*, *M. diamesus* и не идентифицированные до вида афродитиды следует отнести к экологической группе GIV. Форма модельных кривых, полученных как на основе относительных, так и реальных плотностей поселения нереид почти идентична таковым у *A. pacifica* (рисунок 2.22, 2.23). Следовательно, и эти представители донной фауны принадлежат к GIV, являясь, очевидно, молодью *Nereis* sp. – явного представителя этой группы.

Наконец, последние три вида – полихеты *Cheilonereis cyclurus*, *Sch. japonica* и брюхоногие моллюски *Menestho exaratisima* – однозначно являются представителями экологической группы GV. Об этом свидетельствует резкая правая асимметрия модельных кривых, полученных как для относительных, так и реальных значений плотности поселения этих животных, и сходство формы модельных кривых с таковыми эталонных таксонов – *C. capitata*, *P. amurensis* и капителлид (рисунок 2.24). *Cheilonereis* sp., найденный на тех же станциях, что *C. cyclurus* является, скорее всего, его молодью и также должен быть приписан к GV.

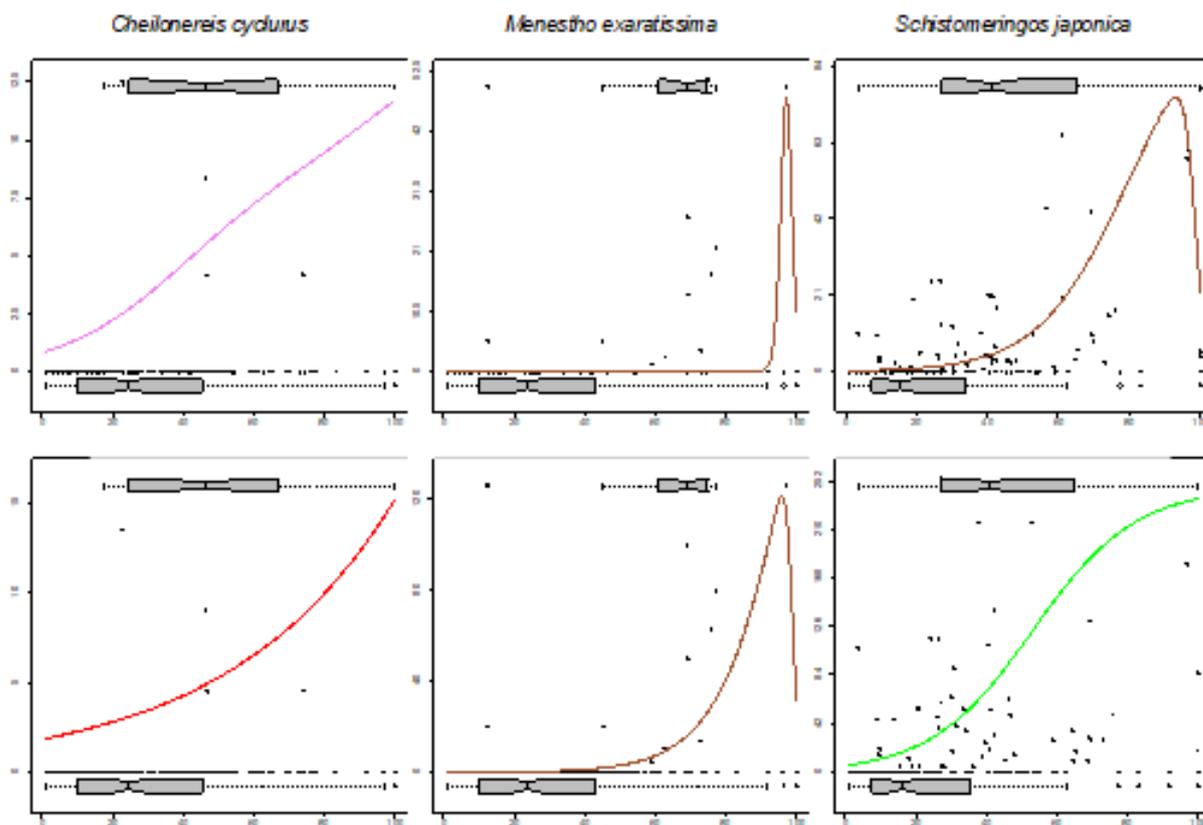


Рисунок 2.24 – Модели распределения видов макрозообентоса (экологическая группа GV), отсутствующих в базе AMBI, вдоль градиента концентраций органического углерода. Ось абсцисс – содержание органического углерода, ось ординат – плотность поселения (верхний ряд – в % от максимума для каждой съемки, нижний – в экз./м<sup>2</sup>)

Таким образом, в результате статистического анализа распределений 52 видов и таксонов более высокого ранга с неизвестной ассигнацией вдоль градиента относительного содержания органического углерода при помощи алгоритма eNOF, 18 из них были отнесены к экологической группе GI, девять – к GII, 14 – к GIII, восемь – к GIV, три – к GV. Всего, на основе изучения базы данных, моделирования и экспертных оценок, из 262 нерасклассифицированных таксонов были определены экологические группы для 222 представителей донной фауны, включая всех доминантных и субдоминантных животных. Все указанные изменения, уточнения и добавления суммированы в таблице А.4.

### **3 Применение индексов *АМВІ* и *М-АМВІ* при экологическом мониторинге некоторых акваторий залива Петра Великого**

Выполненные аналитические процедуры позволяют с уверенностью применять индексы *АМВІ* и *М-АМВІ* для оценки экологического статуса донной фауны и состояния самих акваторий залива Петра Великого, анализа их эволюции во времени, а также для выяснения причин изменений качества морской среды. Ниже представлены некоторые примеры использования этих параметров.

#### **3.1 Характеристика экологического состояния ряда районов залива Петра Великого и изменения статуса прибрежных акваторий Владивостока в 21 веке**

Почти интактная акватория к северу от устья реки Туманной была опробована в 1996 г. На тот момент ее большая часть не имела признаков нарушения среды, а макрозообентос имел хороший экологический статус (рисунок 3.1). Исключение составляла лишь область, протянувшаяся от пролива между материком и островом Фуругельма почти точно в южном направлении и приуроченная к выраженной депрессии дна (глубины 21–35 м). За счет системы течений эта область аккумулирует тонкие фракции осадка вместе с терригенным углеродом и некоторыми загрязняющими веществами, которые поступают, главным образом, из реки Туманной [53–58]. Следовательно, причиной снижения здесь качества среды и статуса донного населения являлось заиление и эвтрофирование, но не загрязнение: величины индекса *ТРФ*, характеризующего общий уровень химического загрязнения, намного ниже даже первого критического уровня (2.8 усл. ед.) (рисунок 3.1). Однако, в связи с интенсификацией хозяйственной деятельности со стороны КНР и предполагаемым строительством порта в устье реки Туманной, антропогенное воздействие на эту акваторию должно резко возрасти. Особенно это относится к южному участку Дальневосточного государственного морского заповедника, который и включает наиболее проблемную область с пониженным качеством морской среды.

Акватория с сильным градиентом загрязнения (прибрежные районы Владивостока) исследовалась на протяжении нескольких десятилетий в прошлом и нынешнем столетиях по программе ОГСН. Ниже представлены некоторые результаты наблюдений последних лет.

В 2016 г. во внутренней части бухты Золотой Рог биотопы были сильно нарушены, а бентос имел плохой экологический статус (рисунок 3.2). Во внешней ее части и бухте Диомид качество среды варьировало от умеренно до сильно поврежденного, а статус бентоса – от обедненного до плохого. В пр-ве Босфор Восточный нарушения были умеренные или незначительные, а статус донного населения – хороший и даже высокий. Выход из пролива и

большая часть Уссурийского залива, за исключением его самого северного участка находились в слабо поврежденном и неповрежденном состоянии, а бентос имел хороший и высокий статус.

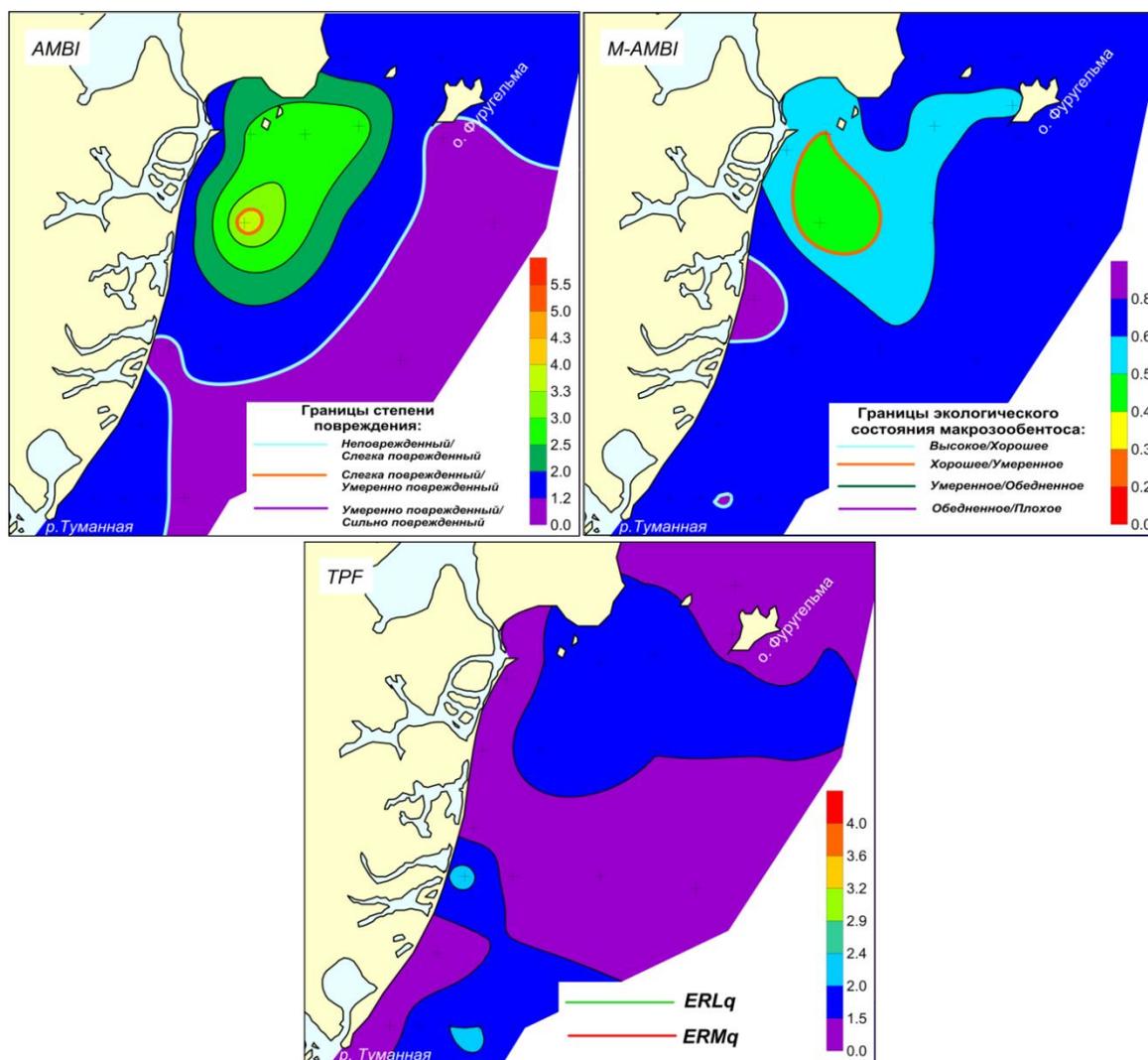


Рисунок 3.1 – Качество морской среды и экологический статус макрозообентоса акватории к северу от устья реки Туманной в 1996 г.: распределение величин индексов *AMBI*, *M-AMBI* и *TPF*. Крестики – станции; *ERL<sub>q</sub>* и *ERM<sub>q</sub>* – пороговые значения – начало и конец прогрессивной деградации донного населения (по [40, 41])

В целом, морская среда была нарушена несколько сильнее в Амурском, чем в Уссурийском заливе, хотя экологический статус донного населения был примерно одинаков. Наиболее проблемная область Амурского залива – побережье п-ова Муравьева-Амурского вблизи центра города, откуда «язык» с несколько «пониженными» свойствами среды и бентоса (более сильное нарушение и пониженный статус) протягивался в направлении Тавричанского лимана и устья реки Раздольной. Бентос с высоким экологическим статусом наблюдался в этом заливе не только в его мористой части, но и во внутренней. В Уссурийском заливе снижение качества среды и статуса донного населения отмечено у побережья полуострова Муравьева-Амурского.

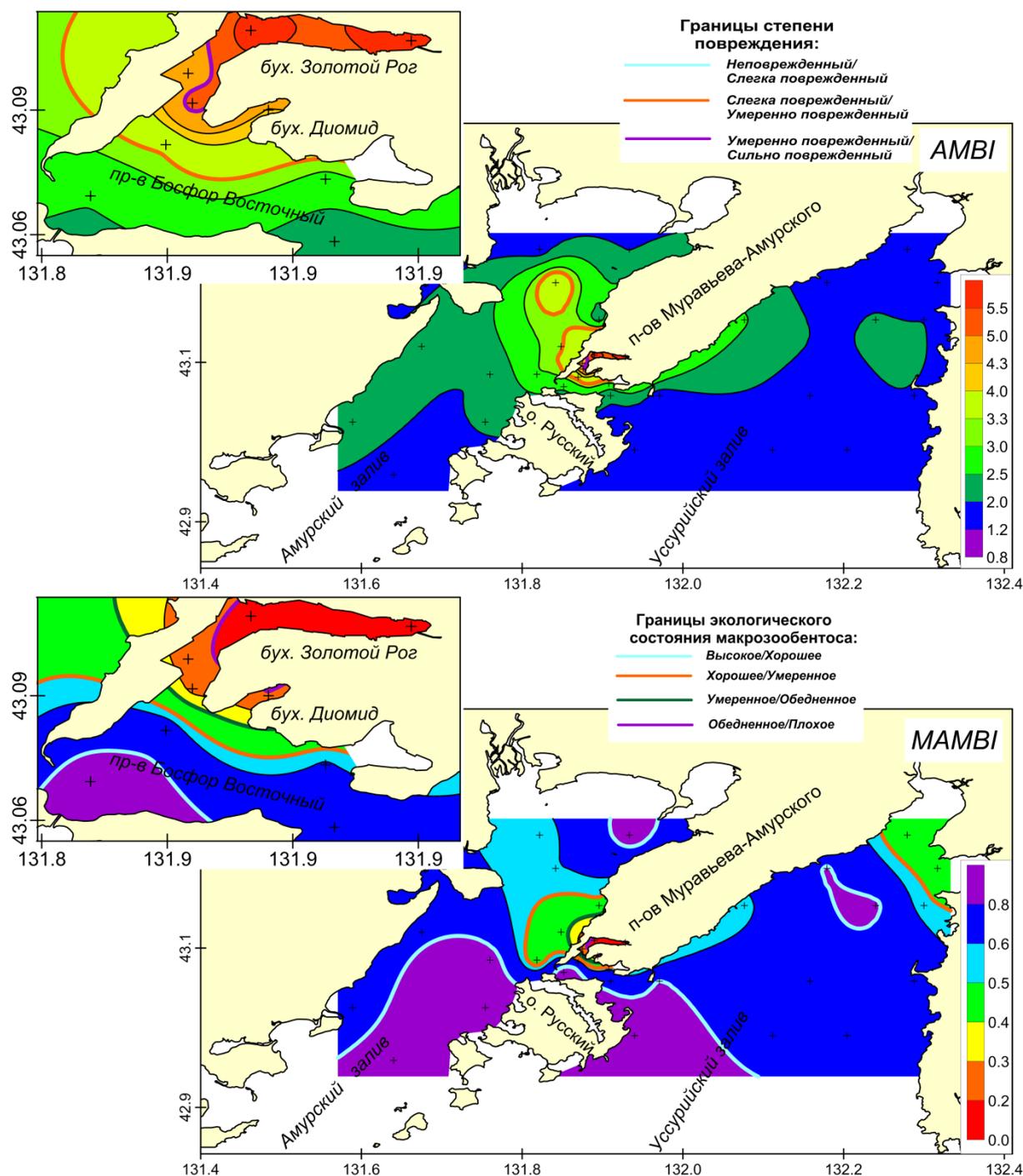


Рисунок 3.2 – Качество морской среды и экологический статус макрозообентоса на прибрежных акваториях Владивостока в 2016 г.: распределение величин индексов *AMBI* и *M-AMBI*. Крестики – станции

В 2019 г. экологическая ситуация в бухтах Золотой Рог и Диомид, по сравнению с 2001 и 2016 гг., явно улучшилась, тогда как в проливе Босфор Восточный – наоборот – в 2019 г относительно 2016 г., произошло снижение качества морской среды и статуса бентосного населения (рисунок 3.3). В Амурском заливе в 2001–2018 гг. степень нарушения биотопов последовательно снижалась на фоне роста статуса макрозообентоса. В Уссурийском заливе состояние среды к 2018 г несколько ухудшилось, а статус донного сообщества, наоборот, повысился. Этот «парадокс», скорее всего, связан с эвтрофикацией:

при умеренном ее увеличении наблюдается отчетливый рост обилия и разнообразия донной фауны (см. далее).

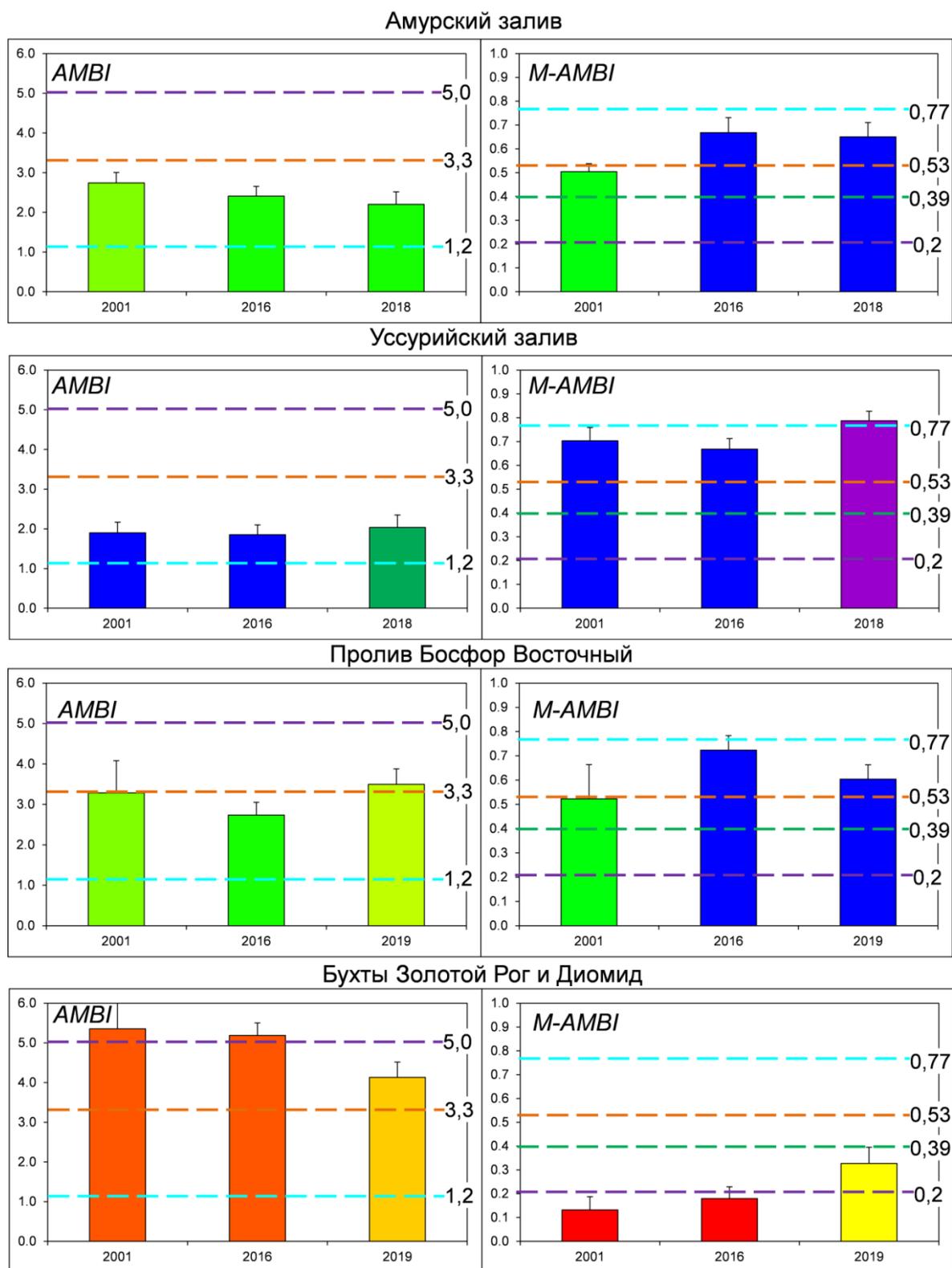


Рисунок 3.3 – Качество морской среды и экологический статус макрозообентоса на прибрежных акваториях Владивостока в 21 веке: изменения индексов *AMBI* и *M-AMBI* на некоторых акваториях залива Петра Великого (только станции ОГСН)

В то же время эти изменения в большинстве случаев незначимы с позиций статистики, за исключением прироста индекса *M-AMBI* в Амурском заливе и на маргинальном уровне –

в бухте Золотой Рог. Об этом свидетельствуют результаты теста Крускала-Уоллиса: вероятность справедливости нулевой гипотезы  $H_0$  об отсутствии влияния фактора «год»  $p=0,041$  и  $0,061$ , для остальных рядов –  $0,208-0,792$ .

Приведенные примеры, на взгляд авторов, показывают, что использование индексов *AMBI* и *M-AMBI* существенно упрощает оценку состояния морских акваторий при выполнении экологического мониторинга. Естественно, результаты их применения можно дополнить различными «стандартными» показателями, например, характеристиками обилия, разнообразия, видового состава (наличие позитивных и негативных индикаторов загрязнения и эвтрофикации) и т.п. Другие примеры оценки качества морской среды и донного населения приведены в приложении «без комментариев» (рисунок А.1–А.7).

### **3.2 Связь экологического статуса макрозообентоса с уровнем загрязнения донных отложений и другими факторами среды**

Пространственная изменчивость состава и структуры донного населения прибрежных акваторий Владивостока определяются, прежде всего, градиентами загрязнения и своеобразием гидрологического режима, причем влияние этих факторов значимо с позиций статистики (результаты канонического анализа соответствий: вероятность справедливости нулевой гипотезы об отсутствии эффекта  $p=0,001-0,016$  и  $0,001-0,021$ ) [59].

Пространственные вариации степени загрязнения грунтов на исследованной акватории отчетливо проявляются в распределении значений индекса *TPF* (рисунок 3.4). Наиболее благоприятные для биологических объектов условия среды отмечены в мористой и восточной части Уссурийского залива ( $TPF < 2,0$ ). С продвижением на север и северо-запад *TPF* последовательно возрастает и достигает критических значений вокруг южной оконечности п-ова Муравьева-Амурского (3,2) с максимумами в бухтах Золотой Рог и Диомид (4,8–5,0), затем вновь несколько снижается к западу, северо-западу и северо-востоку.

В 2016 г. ненарушенные местообитания отсутствовали, были слегка повреждены на 23 станциях из 30, а умеренно и сильно «испорченными» оказались четыре и три станции (рисунок 3.5). Высокий экологический статус донного населения был отмечен в девяти точках, а хороший, умеренный, обедненный и плохой – соответственно в 11, пяти, трех и двух. Слабое проявление повреждений, а также высокий и хороший статус биоты почти исключительно приурочены к областям с низким уровнем загрязнения осадков и, наоборот, сильное повреждение, обедненный и плохой статус макрозообентоса сопряжены с сильным и экстремальным загрязнением (таблица 3.1). Изменения общего уровня химического

загрязнения осадков, при исключении станции *Z1*, где условия обитания гидробионтов отягощены процессами гниения и, как следствие, дефицитом кислорода, объясняют 65,3 и 54,0 % дисперсии *AMBI* и *M-AMBI* (ANOVA –  $F=80,0$  и  $75,3$ ,  $p=0,000$ ).

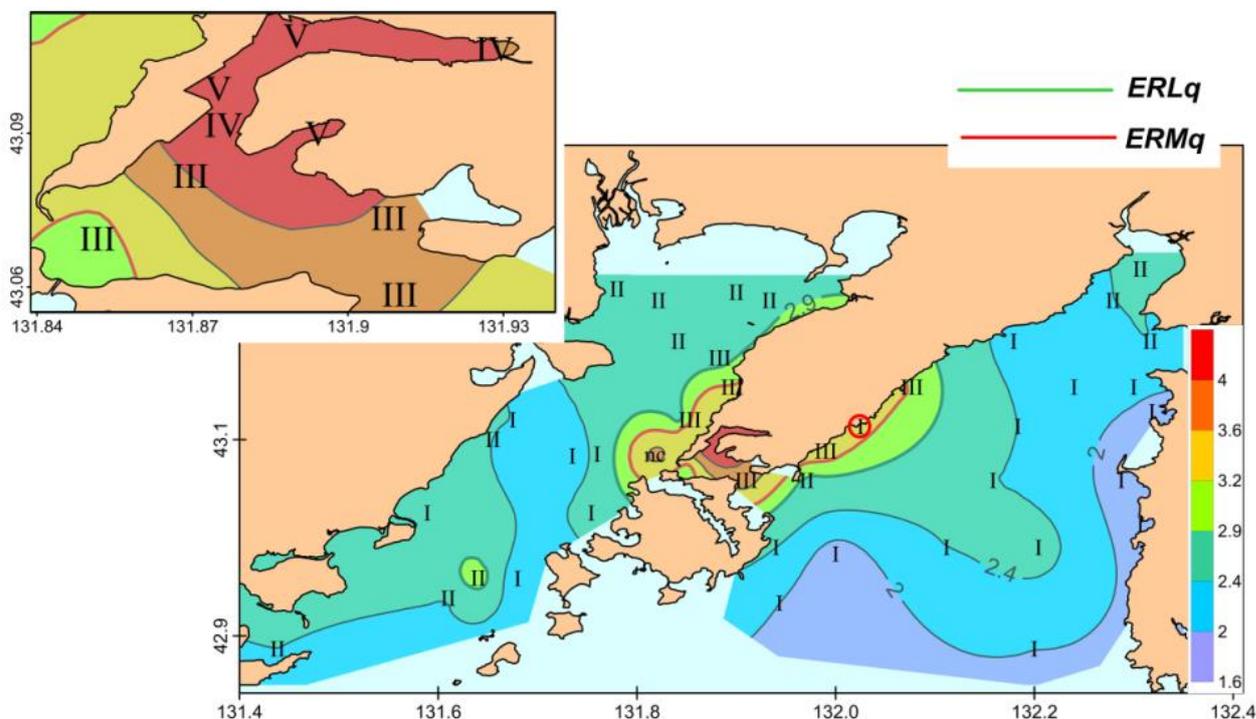


Рисунок 3.4 – Распределение общего уровня химического загрязнения *TPF* на исследованной акватории в 2016 г.: римские цифры – группы станций по степени загрязнения (I, II, III, IV и V – соответственно почти чистые, слабая, умеренная, сильная, экстремальная; по [60]). Пороговые значения *ERL<sub>q</sub>* и *ERM<sub>q</sub>* – начало и конец прогрессивной деградации донного населения (по [40, 41])

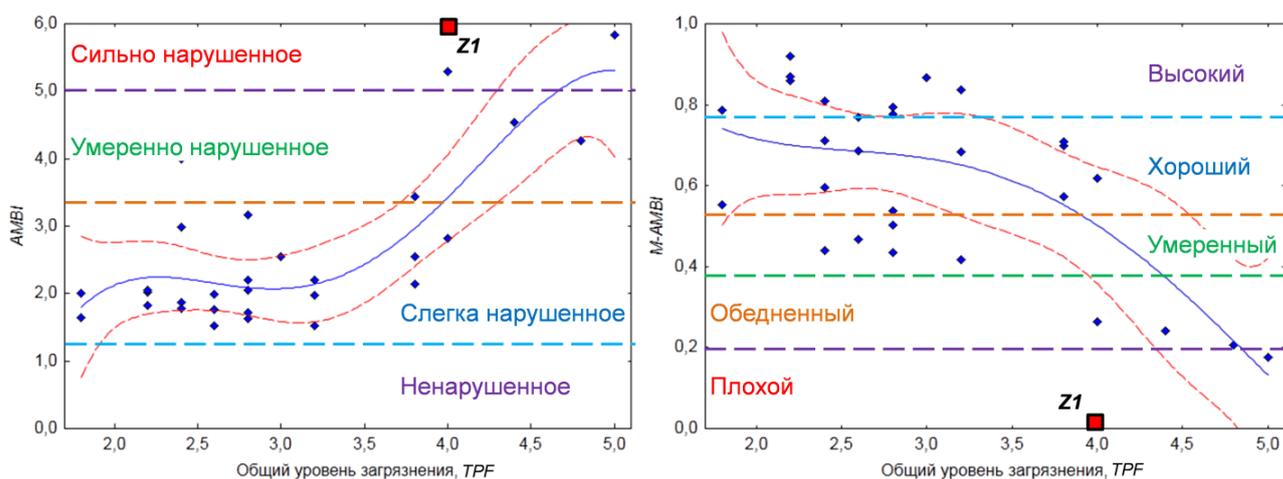


Рисунок 3.5 – Зависимости индексов *AMBI* и *M-AMBI* от общего уровня химического загрязнения донных отложений: кривые штриховые линии – 95 % доверительные границы; горизонтальные штриховые линии – границы между различной степенью нарушения местообитания и экологическим статусом макрозообентоса; станция *Z1* выбракована

Таблица 3.1 – Сопряженность степени повреждения местообитания и экологического статуса макрозообентоса с уровнем загрязнения (станция а35 исключена из анализа как нерасклассифицированная по степени загрязнения)

Характеристика	Степень нарушения среды или экологический статус донного населения	Группы станций			К-У тест
		I-II (n=17)	III (n=7)	IV-V (n=5)	
Степень повреждения (AMBI)	Не- и слабо поврежденное	16	7	0	0,000
	Умеренно поврежденное	1	0	2	
	Сильно поврежденное	0	0	3	
Экологическое состояние (M-AMBI)	Высокий и хороший	15	5	0	0.001
	Умеренный	2	2	0	
	Обедненный и плохой	0	0	5	

Примечание – К-У – Крускала-Уоллиса: приведены вероятности справедливости нулевой гипотезы об отсутствии влияния фактора.

На графике зависимости индекса *M-AMBI* от общего уровня загрязнения, кроме выбракованной станции *Z1*, имеется еще целый ряд точек с пониженным экологическим статусом макрозообентоса при относительно невысоких значениях *TPF* (рисунок 3.6). Снижение статуса этих местообитаний связано с особенностями гидрологического режима, который во многом определяется терригенным стоком – в вершину Амурского залива впадает река Раздольная, в северную часть Уссурийского – реки Артемовка и Шкотовка. Кроме того, существует множество других водотоков.

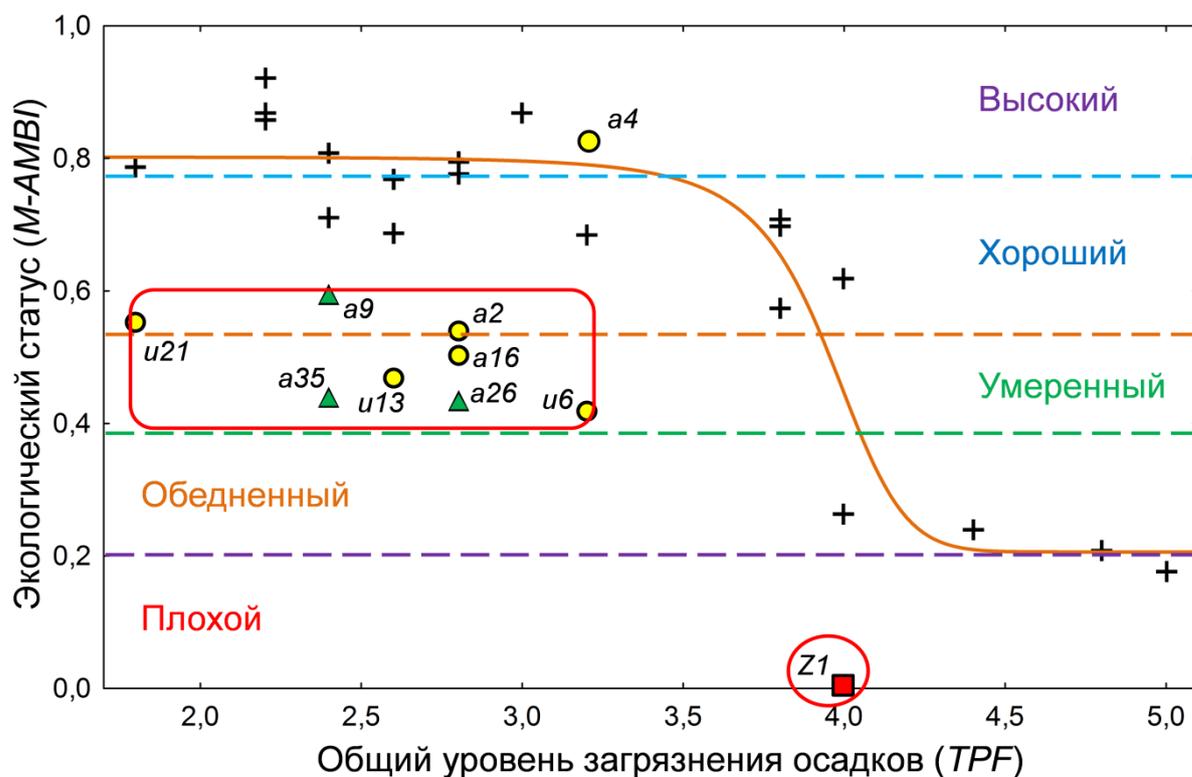


Рисунок 3.6 – Зависимости индекса *M-AMBI* от общего уровня химического загрязнения донных отложений (*TPF*): красным обведены станции с экологическим статусом, заметно пониженным для данного уровня загрязнения; эти станции исключены из модели (коэффициент детерминации  $R^2=0,872$ ; ANOVA –  $F=231,0$ ,  $p=0,000$ )

Станции 9a, 26a и 35a приурочены к области формирования летней гипоксии (рисунок 3.7). Как уже было отмечено в разделе 2.2 этот дефицит кислорода возникает, главным образом, из-за микробиологического окисления избыточной биомассы диатомовых водорослей в условиях слабой динамики вод и при низкой интенсивности фотосинтетически активной радиации, причем снижение насыщенности вод  $O_2$  прослеживается и в историческом плане [33, 61]. В свою очередь, вспышки численности микроводорослей во многом обусловлены паводковыми сбросами биогенов. При этом в объемах среднегодового стока р. Раздольной с 2003 г. наблюдается отчетливый положительный тренд (коэффициент корреляции  $r=0,69$ ,  $p=0,005$ ) [34]. Об увеличении поступления биогенных элементов – фосфатов, нитратов и т.д. – вблизи впадения основных водотоков, и в частности р. Раздольной свидетельствует множество наблюдений других авторов [62]. Следовательно, можно ожидать, что пониженное качество среды в этой области сохранится и в недалеком будущем, а при увеличении уровня загрязнения могут произойти и катастрофические события с развитием почти мертвой зоны (как на станции Z1).

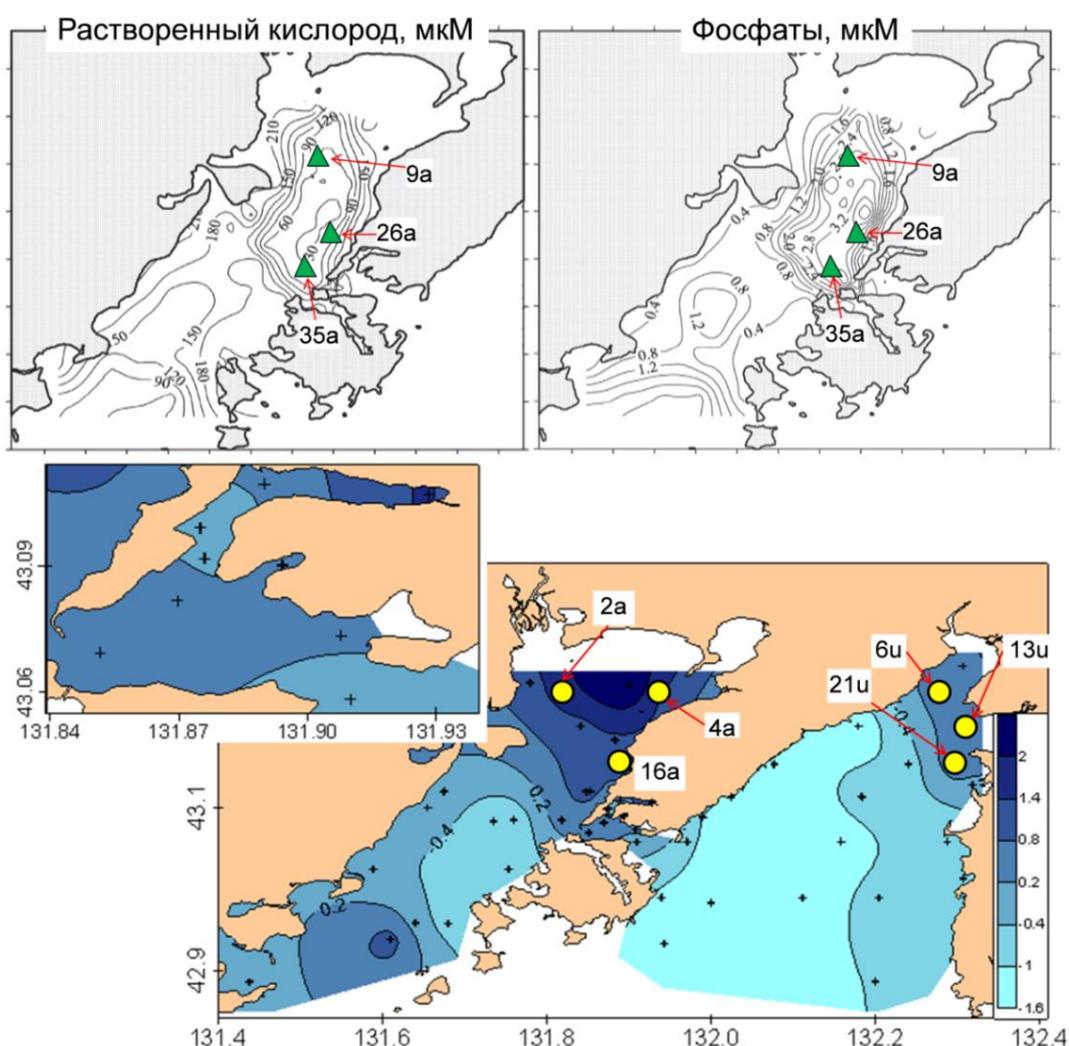


Рисунок 3.7 – Распределение некоторых океанографических элементов у дна в августе 2008 г. (вверху, по [33]) и значений фактора  $PoF_2$ , характеризующего «терригенный сток» (внизу, по [60])

Станции *2a*, *16a*, *6и*, *13и* и *21и* располагаются в областях, подверженных сильному влиянию терригенного стока (рисунок 3.7). Его негативное воздействие, прежде всего, обусловлено потоком тонкодисперсной взвеси, которая засоряет фильтрующие аппараты, затрудняя питание, дыхание и другие процессы метаболизма, а то и просто засыпает донных животных – в период паводка в 2018 г. (середина августа) слой наилка достигал 7–8 мм, причем на весьма значительных расстояниях от устьев перечисленных водотоков.

Особняком в этом отношении стоит станция *4a*, на которой бентосное население обладало высоким экологическим статусом. Эта точка опробования располагалась вблизи выхода коллектора очистных сооружений на небольшой глубине (5 м); последнее предполагает хорошую аэрацию и очищение эпибентоса за счет турбулентного перемешивания и волновых процессов. В таких условиях, скорее всего, «работает» концепция метаболического прогресса [63], согласно которой слабое и умеренное повышение трофности влечет за собой увеличение интенсивности метаболизма – метаболический прогресс, сопровождающийся экологическим прогрессом – увеличением числа видов, усложнением межвидовых отношений и пространственной структуры.

Таким образом, изменения значений индексов *AMBI* и *M-AMBI* и, соответственно, состояния морской среды и донного населения, могут быть легко и наглядно объяснены при наличии гидрологической и геохимической информации. В свою очередь, зная причины этих вариаций, можно спрогнозировать развитие экологической ситуации на исследуемой акватории или ее отдельных участках.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Запланированные на 2019 г. работы по систематизации и анализу данных, в соответствии с Государственным заданием, выполнены полностью. На основе проведенных наблюдений, анализа и расчетов можно сделать следующее заключение.

1) В процессе работы систематизированы данные по гранулометрическому составу, содержанию органического углерода и макрозообентосу для акватории к северу от устья реки Туманной, заливам Амурский, Уссурийский, проливу Босфор Восточный и бухте Золотой Рог (экспедиции 1996–2019 гг.). Разработана скриптовая программа для анализа распределения видов вдоль градиента  $C_{орг.}$ , позволяющая производить вычисления в «пакетном» режиме (любое разумное число видов). Выполнен анализ информации, имеющейся к настоящему времени в базе данных AMBI, и статистическое исследование распределений плотности поселения видов и таксонов более высокого ранга при помощи разработанного алгоритма (модели eNOF).

2) В результате, индексы *AMBI* и *M-AMBI* (*AZTI Marine Biotic Index* и *Multivariate AZTI Marine Biotic Index*), широко используемые в ЕС для оценки качества морской среды и состояния донного населения, полностью адаптированы для экологического мониторинга акватории залива Петра Великого.

3) По информации, имеющейся в базе AMBI, и экспертным оценкам из 262 представителей донных беспозвоночных, не имевших групповую ассигнацию, с вероятностью более 95 % были классифицированы 163 таксона: 75 отнесены к экологической группе GI, 63 – к GII, 20 – к GIII, четыре – к GIV и один – к GV. Из-за недостатка данных, не удалось классифицировать 40 представителей макрозообентоса. Эти животные редки и малочисленны, и их исключение при вычислениях *AMBI* и *M-AMBI* не ведет к заметным изменениям величин этих индексов.

4) Для распределений плотности поселения представителей экологической группы GI вдоль градиента содержания органического углерода характерна выраженная левосторонняя асимметрия модельных кривых и ниш (модели II и V типа, реже – III), а также узкие диапазоны встречаемости. Распределения таксонов группы GII описываются разнообразными моделями; основные черты – широкие пределы встречаемости, относительная малочисленность и отсутствие явных всплесков плотности. В паттерне изменений группы GIII отчетливы пики численности при умеренном повышении  $C_{орг.}$  (вплоть до середины его диапазона, модели – IV и V типа, реже – VI и VII с одним экстремумом). Основной чертой распределений GIV является отчетливая правая асимметрия (модели V, VI, VII типа). Лишь при очень высоком содержании  $C_{орг.}$  представители этой группы отсутствуют. Распределения

GV характеризуются резкой правой асимметрией (модели II и III типа), причем эти животные присутствуют даже при самых высоких концентрациях  $C_{орг.}$ .

5) Видами-эталоном для экологической группы GI являются *A. macrocephala*, *E. cordatum*, *P. rathbuni*; в группе GII – *M. sarsi*, *O. sarsii*, *G. capitata*, *G. maculata*, *P. orientalis*, *E. tenuis*; в группе GIII – *S. inflatum*, *T. lubrica*, *C. crassicorne* и *P. caudatus*, в GIV – *S. bassi*, в GV – *P. amurensis* и *C. capitata*. Изменения плотности поселения всех этих животных вдоль градиента  $C_{орг.}$  обладают хорошо выраженными чертами распределений соответствующих экологических групп.

6) Анализ моделей, ниш и колебаний численности 22 видов и более крупных таксонов макрозообентоса, приписанных в базе AMBI к экологической группе GI, позволил переклассифицировать *Diastylis* sp., *Melita* sp. и *Monoculodes* sp. в группу GII, *D. dawsoni* – в GIV, а *A. suecica* и *P. harmeri* – в GIII. Из 45 представителей группы GII 42 сохранили свою принадлежность, *A. catherinae* переведен в GI, *G. unicornis* и *M. truncata* – в GIII; 24 из 27 таксонов группы GIII сберегли свою ассигнацию, а три – поменяли: *Nereis* sp. перенесен в GIV, а *N. latericeus* и *S. bombyx* – в GII. Из восьми видов группы GIV в ней же остались четыре и столько же ее сменили: *C. setosa*, *C. cirratus*, *Polydora* sp. – на GIII, а комплекс «*L. longifolia*» – на GII; все три представителя GV не изменили своего положения. Всего групповая принадлежность была изменена у 16 животных.

7) На основе моделирования, а также выявленных особенностей изменений плотности разных экологических групп и сравнений с распределениями эталонных видов, 18 представителей макрозообентоса из 52 видов и таксонов более высокого ранга неизвестной ассигнации были отнесены к группе GI, девять – к GII, 14 – к GIII, восемь – к GIV, три – к GV. Всего, на основе изучения базы данных, моделирования и экспертных оценок, из 262 нерасклассифицированных животных были определены экологические группы для 222 представителей донной фауны, включая всех доминантов и субдоминантов.

8) Выполненные аналитические процедуры позволяют с уверенностью использовать значения индексов AMBI и M-AMBI для оценки экологического статуса донной фауны и состояния самих акваторий, анализа его эволюции во времени, а также для выяснения причин изменений качества морской среды. Применение этих индексов существенно упрощает оценку состояния морских акваторий при выполнении экологического мониторинга. Вариации значений индексов AMBI и M-AMBI и, соответственно, состояния морской среды и донного населения, могут быть легко и наглядно объяснены при наличии гидрологической и геохимической информации. В свою очередь, зная причины этих вариаций, можно прогнозировать развитие экологической ситуации на исследуемой акватории или ее отдельных участках.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Mann R.E. Global environmental monitoring system (GEMS). — Action Plan for Phase 1. SCOPE, rep. 3. — Toronto, 1973. — 130 p.
2. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. — Л.: Гидрометеоиздат, 1979. — 375 с.
3. 2000/60/EC. Water Framework Directive. — 2000. — URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32000L0060> (дата обращения 10.11.2020).
4. Van Hoey G., Borja A., Birchenough S., Buhl-Mortensen L., Degraer S., Fleischer D., Kerckhof F., Magni P., Muxika I., Reiss H., Schröder H., Zettler M.L. The use of benthic indicators in Europe: From the Water Framework Directive to the Marine Strategy Framework Directive // *Mar. Pollut. Bull.* — 2010. — Vol. 60. — P. 2187—2196.
5. 2008/56/EC. Marine Strategy Framework Directive. — 2008. — URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0056> (дата обращения 10.11.2020).
6. Mee L.D., Jefferson R.L., Laffoley D.d.A., Elliott M. How good is good? Human values and Europe's proposed Marine Strategy Directive // *Mar. Pollut. Bull.* — 2008. — Vol. 56. — P. 187—204.
7. Glemarec M., Hily C. Perturbations apportees a la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les efluxes urbains et portuaires // *Acta Oecologica Oecologia Applicata.* — 1981. — Vol. 2. — P. 139—150.
8. Hily C. Variabilite de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la Rade de Brest. These de Doctorat d'Etat, Univ. Bretagne Occidentale. — 1984. — Vol. 1-2.
9. Gray J.S. Pollution-induced changes in populations // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London.* — 1979. — Series B. — Vol. 286. — P. 545—561.
10. McArthur R.H., Wilson E. The theory of island biogeography. — New York: Princeton University Press, 1967. — 203 p.
11. Salen-Picard C. Schemas d'Evolution d'Oune biocenose macrobenthique du substrat meuble // *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris.* — 1983. — Vol. 296. — P. 587—590.
12. Glemarec M. Ecological impact of an oil-spill: utilization of biological indicators // IAWPRC-NERC Conference, July 1985. — IAWPRC Journal, 1986. — Vol. 18. — P. 203—211.
13. Majeed S. A. Organic matter and biotic indices on the beaches of North Brittany // *Mar. Pollut. Bull.* — 1987. — Vol.18, № 9. — P. 490—495.
14. Grall J., M. Glemarec. Using Biotic Indices to Estimate Macrobenthic Community

Perturbations in the Bay of Brest // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. — 1997. — Vol. 44 (Supplement A). — P. 43-53.

15. Hily C., Le Bris H., Glemarec M. Impacts biologiques des emissaires urbains sur les ecosystemes benthiques // *Oceanis*. — 1986. — Vol. 12. — P. 419—426.

16. Borja Á., Franco J., Perez V. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments // *Mar. Pollut. Bull.* — 2000. — Vol. 40, № 12. — P. 1100—1114.

17. Borja Á., Franco J., Muxika I. The biotic indices and the Water Framework Directive: the required consensus in the new benthic monitoring tools // *Mar. Pollut. Bull.* — 2004. — Vol. 48, № 3–4. — P. 405—408.

18. Muxika I., Borja Á., Bald J. Using historical data, expert judgment and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive // *Mar. Pollut. Bull.* — 2007. — Vol. 55, № 1–6. — P. 16—29.

19. Borja Á., Mader J., Muxika I. Instructions for the use of the AMBI index software (Version 5.0) // *Revista de Investigacion Marina*. — 2012. — Vol. 19, № 3. — P. 71—82.

20. Borja A., Muxika I., Franco J. Long-term recovery of soft bottom benthos following urban and industrial sewage treatment in the Nervio'n estuary (Southern Bay of Biscay) // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* — 2006. — Vol. 313. — P. 43—55.

21. Sigovini M., Keppel E., Tagliapietra D. M-AMBI revisited: looking inside a widely-used benthic index // *Hydrobiologia*. — 2013. — Vol. 717. — P. 41—50.

22. Borja A., Muxika I. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality // *Mar. Pollut. Bull.* — 2005. — Vol. 50. — P. 787—789.

23. Белан Т.А. Сравнительная характеристика условий среды и показателей сообществ макрозообентоса морских прибрежных акваторий вблизи Владивостока // *ДВНИГМИ — 65 лет: юбилейный выпуск*. — Владивосток: Дальнаука, 2015. — С. 156—171.

24. Белан Т.А., Белан Л.С. Состав и количественное распределение макрозообентоса в Амурском заливе // *Океанол.* — 2006. — Т. 46, № 5. — С. 685—694.

25. Moshchenko A., Belan T., Borisov B., Lishavskaya T. Macrozoobenthic Population under Heavy Anthropogenic Impact: Coastal Area of Vladivostok (Peter the Great Bay, Sea of Japan) // *International Journal of Oceanography and Aquaculture*. — 2017. — Vol. 1, № 4. — 17 p.

26. Мощенко А.В., Белан Т.А., Лишавская Т.С., Борисов Б.М. Экологическое

состояние морской среды и макрозообентоса у южной оконечности полуострова Муравьева-Амурского // Тр. ДВНИГМИ. — 2017. — Вып. 155. — С. 178—220.

27. Мощенко А.В., Белан Т.А., Ивин В.В. Сообщества макрозообентоса восточной части пролива Босфор Восточный (залив Петра Великого Японского моря) // Изв. ТИНРО. — 2018. — Т. 193. — С. 112—142.

28. РД 52.10.556-95. Методические указания. Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси. — М.: Гидрометеиздат, 1996. — 49 с.

29. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. — М.: МГУ, 1981. — 272 с.

30. Лонцих С.В., Петров Л.Л. Стандартные образцы состава природных сред. — Новосибирск: Наука, 1988. — 277 с.

31. Петелин В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков. — М.: Наука, 1967. — 125 с.

32. Боцул А.И. Лазерный измеритель размеров частиц “Analysette 22”: достоинства, недостатки и некоторые особенности использования при анализе донных осадков // Условия образования донных осадков и связанных с ними полезных ископаемых в окраинных морях. — Владивосток: Дальнаука, 2002. — С. 114-118.

33. Тищенко П.Я., Лобанов В.Б., Звалинский В.И., Сергеев А.Ф., Волкова Т.И., Колтунов А.М., Михайлик Т.А., Сагалаев С.Г., Тищенко П.П., Швецова М.Г. Сезонная гипоксия Амурского залива (Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 165. — С. 136—157.

34. Мощенко А.В., Белан Т.А., Лишавская Т.С., Севастьянов А.В., Борисов Б.М. Многолетняя динамика концентраций приоритетных поллютантов и общего уровня химического загрязнения прибрежных акваторий Владивостока (залив Петра Великого Японского моря) // Изв. ТИНРО. — 2020. — Т. 200, вып 2. — С. 377—400.

35. Oleyunik E.V., Moshchenko A.V. Ten-year variability of Bivalvia taxon in the coastal zone of Peter the Great Bay (Japan Sea) // Oceanography of the Japan Sea: Proc. CREAMS-2000 Intern. Symp. — Vladivostok: Dalnauka, 2001. — P. 264—268.

36. Белан Т.А., Мощенко А.В., Чернова А.С. Долговременные изменения видового разнообразия таксоценов многощетинковых червей в прибрежной зоне Японского моря // Доклады рабочего совещания по изучению глобальных изменений на Дальнем Востоке. — Владивосток: Дальнаука, 2003. — С. 196—224.

37. Олейник Е.В., Мощенко А.В., Лишавская Т.С. Влияние загрязнения донных отложений на видовой состав и обилие двустворчатых моллюсков в заливе Петра Великого Японского моря // Биол. моря. — 2004. — Т. 30, № 1. — С. 39—45.

38. Moshchenko A.V., Belan T.A. Ecological state and long-term changes of macrozoobenthos in the northern part of Amursky Bay (Sea of Japan) // Ecological studies and the state of the ecosystem of Amursky Bay and the estuarine zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan). — Vladivostok: Dalnauka, 2008. — Vol. 1. — P. 61—91.
39. Belan T.A., Moshchenko A.V. Polychaete taxocenes variability associated with sediment pollution loading in the Peter the Great Bay (the East Sea/Japan Sea) // Ocean Science J. — 2005. — Vol. 40, № 1. — P. 1—10.
40. Мощенко А.В., Белан Т.А. Новые методы оценки экологического состояния природной среды Дальневосточных морей России // Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России. — Владивосток: Дальнаука, 2007. — С. 276—313.
41. Мощенко А.В., Белан Т.А. Метод оценки антропогенного нарушения сообществ макрозообентоса рыхлых грунтов // Биол. моря. — 2008. — Т. 34, № 4. — С. 279—292.
42. Huisman J., Olf H., Fresco L.F.M. A Hierarchical Set of Models for Species Response Analysis // Journal of Vegetation Science. — 1993. — Vol. 4, № 1. — P. 37—46.
43. Jansen J., Oksanen J. How to model species responses along ecological gradients – Huisman–Olf–Fresco models revisited // Journal of Vegetation Science. — 2013. — P. 1—10.
44. Jansen J. Hierarchical species response curves in package eHOF — URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/eHOF/vignettes/eHOF.pdf> — 2017. — P. 1—8 (дата обращения 10.11.2020).
45. Package ‘eHOF’ — URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/eHOF/eHOF.pdf> — 2020. — P. 1—13. (дата обращения 10.11.2020).
46. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R. — Тольятти: Кассандра, 2013. — 314 с.
47. Кабаков Р.И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R. — М.: ДМК Пресс, 2014. — 588 с.
48. Тарасов В.Г. Распределение и трофическое районирование донных сообществ мягких грунтов залива Восток Японского моря // Биология моря. — 1978. — № 6. — С. 16—22.
49. Gillett D.J., Weisberg S.B., Grayson T., Hamilton A., Hansen V., Leppo E.W., Pelletier M.C., Borja A., Cadien D., Dauer D., Diaz R., Dutch M., Hyland J.L., Kellogg M., Larsen P.F., Levinton J.S., Llansó R., Lovell L.L., Welch K.I. Effect of ecological group classification schemes on performance of the AMBI benthic index in US coastal waters // Ecological Indicators. — 2015. — Vol. 50. — P. 99—107.
50. Rygg B. Effects of sediment copper on benthic fauna // Mar. Ecol. Prog. Ser. — 1985.

— Vol. 25, No. 1. — P. 83—89.

51. Chang S., Steimle F.W., Reid R.N., Fromm S.A., Zdanowicz V.S., Pikanowski R.A. Association of benthic macrofauna with habitat types and quality in the New York Bight // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* — 1992. — Vol. 89. — P.237—251.

52. Белан Т.А. Особенности обилия и видового состава бентоса в условиях загрязнения (залив Петра Великого, Японское море): дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток: ДВГУ, 2001. — 141 с.

53. Vanin N.S., Moshchenko A.V., Feldman K.L., Yurasov G.I. Simplified Numerical Model of the Wind-driven Circulation with Emphasis on Distribution of the Tuman River Solid Run-off // *Ocean Research.* — 2000. — Vol. 22, No. 2. — P. 81—90.

54. Мощенко А.В., Ванин Н.С., Ламыкина А.Ю. Рельеф дна, донные отложения и гидрологические условия российской части приустьевой зоны реки Туманной // *Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной.* — Владивосток: Дальнаука, 2000 — С. 42—75.

55. Шулькин В.М., Мощенко А.В., Лишавская Т.С. Уровень загрязнения и факторы, определяющие содержание поллютантов в донных отложениях российской части приустьевой зоны реки Туманной // *Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной.* — Владивосток: Дальнаука, 2000 — С. 86—98.

56. Мощенко А.В., Шулькин В.М., Лишавская Т.С. Факторы, контролирующие содержание загрязняющих веществ в прибрежно-морских отложениях района примыкающего к устью р. Туманная // *Геохимия.* — 2001 — № 2. — С. 204—211.

57. Moshchenko A.V., Feldman K.L., Vanin N.S., Yurasov G.I. Solid run-off and contaminants distribution as a tracer of wind currents in the area north of the Tumen River mouth (Peter the Great Bay, Sea of Japan) // *Reports of the International Workshop on the Global Change Studies in the Far East, Vladivostok, Sept. 7-9, 1999. V. 1. (TEACOM Publication No. 6).* — Vladivostok: Dalnauka. — 2001. — P. 72—86.

58. Кияшко С.И., Мощенко А.В., Игнатьев А.В. Изотопный состав органического углерода в прибрежных донных отложениях Японского моря вблизи устья реки Туманной // *Геохимия.* — 2004. — № 12. — С. 1327—1335.

59. Мощенко А.В., Белан Т.А., Борисов Б.М., Лишавская Т.С., Севастьянов А.В. Сообщества макрозообентоса рыхлых грунтов прибрежной зоны Владивостока и их экологическое состояние (залив Петра Великого Японского моря). — В подготовке.

60. Мощенко А.В., Белан Т.А., Борисов Б.М., Лишавская Т.С., Севастьянов А.В. Современное загрязнение донных отложений и экологическое состояние макрозообентоса

в прибрежной зоне Владивостока (залив Петра Великого Японского моря) // Изв. ТИНРО. — 2019. — Т. 196. — С. 155—181.

61. Tishchenko P.P., Tishchenko P.Ya., Lobanov V.B., Sergeev A.F., Semkin P.Yu., Zvalinsky V.I. Summertime in situ monitoring of oxygen depletion in Amursky Bay (Japan/East Sea) // Cont. Shelf Res. — 2016. — Vol. 118. — P. 77—87.

62. Шулькин В.М., Семькина Г.И. Поступление загрязняющих веществ в залив Петра Великого и оценка их вклада в создание экологических проблем // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря. — Владивосток: Издат. дом ДВФУ, 2012. — С. 252—287.

63. Тальских В.Н. Использование концепции инвариантных состояний биоценозов в экологическом мониторинге и нормировании загрязнения рек Средней Азии // Экологические модификации и критерии экологического нормирования: Тр. междунар. симп., Нальчик, 1-12 июня 1990 г. — Л.: Гидрометеиздат, 1991. — С. 163—184.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Результаты моделирования, некоторые характеристики морской среды, представители макрозообентоса, найденные на акватории залива Петра Великого и примеры оценки качества морской среды

Таблица А.1 – Результаты моделирования для видов известной ассигнации в базе AMBI: величины информационного критерия Акаике (AIC; красным цветом выделены минимальные значения)

Таксон	База AMBI	Модель						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Actiniaria</i> fam. gen. sp.	II	81153	79615	79498	79338	<b>79127</b>	79338	79338
<i>Alveinus ojanus</i>	I	31889	28238	27577	27585	<b>27494</b>	28238	28238
<i>Ampelisca macrocephala</i>	I	75658	70727	<b>70611</b>	70624	70618	70624	70624
<i>Anonyx</i> sp.	II	53762	50032	49637	49686	<b>49564</b>	49879	50032
<i>Arca boucardi</i>	I	38963	38533	37768	36953	<b>36433</b>	36953	36953
<i>Aricidea catherinae</i>	II	57609	54866	51494	47738	<b>46925</b>	47738	47738
<i>Aricidea suecica</i>	I	19652	19432	18245	<b>10376</b>	10376	10376	10376
<i>Asabellides sibirica</i>	I	22574	22539	22293	21909	<b>21907</b>	21909	21909
<i>Ascidia</i> fam. gen. sp.	III	85679	85546	85250	77668	77607	77668	<b>77532</b>
<i>Asterina pectinifera</i>	II	74640	<b>67388</b>	67388	67388	67388	67388	67388
<i>Brada</i> sp.	I	41562	41040	40330	39410	<b>39260</b>	39410	39349
<i>Byblis</i> sp.	I	35259	34500	34324	<b>38277</b>	38277	38277	38277
<i>Capitella capitata</i>	V	89326	67795	<b>66586</b>	67006	–	66721	67006
Capitellidae gen. sp.	V	66537	<b>65483</b>	65483	65483	65483	65483	65483
Caprellidae gen. sp.	II	53780	51467	50598	<b>48627</b>	48627	48627	48627
<i>Cerebratulus marginatus</i>	III	42938	42606	42606	42606	42606	42605	<b>42435</b>
<i>Cerebratulus</i> sp.	III	45648	44512	43791	42637	<b>42610</b>	42921	42637
<i>Chaetozone setosa</i>	IV	69675	64475	63189	62791	<b>62749</b>	62791	62749
<i>Chone</i> sp.	II	64683	60024	59968	59842	<b>59414</b>	59842	59846
<i>Cirratulus cirratus</i>	IV	61203	60351	57008	56437	<b>56395</b>	56437	56437
<i>Cistenides granulata</i>	II	23040	<b>22797</b>	22797	22797	22797	22797	22797
<i>Crangon</i> sp.	I	25909	<b>25104</b>	25104	25104	25104	25104	25104
<i>Crassicorophium crassicorne</i>	III	58100	57430	56862	56659	<b>56657</b>	56659	56659
Cumacea. fam. gen. sp.	I	14250	14062	<b>14001</b>	14037	14036	14037	14037
<i>Diastylis alaskensis</i>	II	53109	52705	52705	52705	52705	<b>52699</b>	52705
<i>Diastylis goodsiri</i>	II	18410	18187	18161	<b>17176</b>	17176	17177	17176
<i>Diastylis</i> sp.	I	15526	14743	14544	14743	14743	14743	<b>14101</b>
<i>Diastylopsis dawsoni</i>	I	52092	51118	50983	50970	50968	50970	<b>50803</b>
<i>Dipolydora cardalia</i>	IV	67784	67616	65811	<b>64053</b>	64054	64054	64055
<i>Echinocardium cordatum</i>	I	53160	<b>42695</b>	42695	42695	42695	42695	42695
<i>Ennucula tenuis</i>	II	65065	62017	<b>61282</b>	61507	61505	61507	61507
<i>Eteone longa</i>	III	45627	45624	45623	41480	<b>40783</b>	41480	41480
<i>Eteone</i> sp.	III	56501	56493	56493	55686	<b>55669</b>	55686	55686
<i>Eulalia bilineata</i>	II	76634	76216	<b>75574</b>	75793	75791	75793	75786

Продолжение таблицы А.1

Таксон	База АМБИ	Модель						
<i>Glycera capitata</i>	II	97762	<b>95736</b>	95736	95736	95736	95736	95733
<i>Glycera</i> sp.	II	52181	<b>49747</b>	49747	49747	49747	49744	49747
<i>Glycera tessellata</i>	II	11346	11214	11027	<b>9963</b>	9963	9963	9963
<i>Glycera unicornis</i>	II	38293	37846	35766	<b>24533</b>	24533	24533	24533
<i>Glycinde armigera</i>	II	87505	87503	87503	87338	87337	87338	<b>81592</b>
<i>Goniada maculata</i>	II	91439	85846	85845	85845	<b>84387</b>	85836	85846
<i>Harmothoe imbricata</i>	II	47640	47371	<b>46793</b>	47198	47195	47198	47198
<i>Harmothoe</i> sp.	II	53460	53075	52246	48793	48793	48793	<b>47267</b>
Holothuroidea fam. gen. sp.	I	34750	33330	<b>32992</b>	33195	33191	33330	32992
<i>Laonice cirrata</i>	II	90807	85029	85029	85029	85029	85029	<b>85004</b>
<i>Liocyma fluctuosa</i>	I	42151	39732	39239	39062	<b>38944</b>	39732	38944
<i>Lumbrineris longifolia</i>	IV	127619	126599	115140	105450	104772	105450	<b>102431</b>
<i>Macoma calcarea</i>	II	45012	43184	43128	43106	<b>42556</b>	43106	43101
<i>Macoma incongrua</i>	II	34377	34373	34373	34373	34373	25663	<b>24865</b>
<i>Macoma nipponica</i>	III	23820	23798	23638	23406	<b>23404</b>	23406	23407
<i>Macoma tokyoensis</i>	II	53472	52354	52352	52350	<b>50101</b>	50235	50101
<i>Magelona longicornis</i>	II	64798	64764	64138	62179	61972	62162	<b>56615</b>
<i>Maldane sarsi</i>	II	51462	50748	50526	49741	<b>49539</b>	49741	49741
<i>Mediomastus californiensis</i>	III	29670	29478	29091	27888	<b>27668</b>	27882	27888
<i>Melinna elisabethae</i>	III	66574	65817	65799	65786	<b>64871</b>	65791	65786
<i>Melita</i> sp.	I	49524	49437	49437	49437	49437	49415	<b>48795</b>
<i>Monoculodes</i> sp.	I	74162	69345	<b>69086</b>	69345	69345	69345	69345
<i>Mya</i> sp.	II	61222	61084	61012	<b>60975</b>	60975	60975	60975
<i>Mya truncata</i>	II	34942	34890	33976	<b>33115</b>	33115	33115	33121
Nemertea fam. gen. sp.	III	95808	<b>90056</b>	90056	90056	90056	90056	90056
<i>Nephtys caeca</i>	II	31346	31344	31344	<b>30291</b>	30291	30291	30294
<i>Nephtys</i> sp.	II	54046	46571	46099	45603	<b>45093</b>	46571	45243
<i>Nereis</i> sp.	III	95576	92557	92557	92557	92557	92506	<b>84898</b>
<i>Nothria</i> sp.	II	18196	16622	15775	<b>13663</b>	13663	16622	13663
<i>Notomastus latericeus</i>	III	73359	72902	<b>72219</b>	72631	72629	72631	72626
<i>Onuphis iridescens</i>	II	36966	23776	23088	<b>22714</b>	22714	22714	23776
<i>Ophelina acuminata</i>	III	46039	44754	44510	<b>44351</b>	44351	44351	44351
<i>Ophiura sarsii</i>	II	63801	63112	62242	61105	60996	61105	<b>60937</b>
<i>Orchomenella</i> sp.	II	58880	57129	57119	<b>55416</b>	55416	55419	55416
<i>Owenia fusiformis</i>	II	89153	85531	<b>84639</b>	84774	84773	84774	84774
<i>Pagurus</i> sp.	II	50784	44172	<b>43897</b>	44172	44172	44172	44172
<i>Paradorippe granulata</i>	II	23653	22615	<b>22320</b>	22615	22615	22615	22615
<i>Paranaitis polynoides</i>	II	32870	32119	31587	<b>31361</b>	31361	31361	31361
<i>Pectinaria hyperborea</i>	I	26790	26194	25721	<b>23778</b>	23778	23778	23778
<i>Pherusa plumosa</i>	III	50844	50844	50844	47282	<b>46701</b>	47282	47282

Продолжение таблицы А.1

Таксон	База АМБИ	Модель						
<i>Philine argentata</i>	II	49292	49177	49177	48817	<b>48188</b>	48321	48817
<i>Philine orientalis</i>	II	68241	68194	68111	67703	65947	67703	<b>62965</b>
<i>Pholoe minuta</i>	II	126021	126021	126021	125124	<b>124155</b>	125124	124870
<i>Phoronopsis harmeri</i>	I	69576	69394	68047	66921	<b>65763</b>	66921	66921
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	IV	66747	66718	66718	66605	66600	66605	<b>58931</b>
<i>Pinnixa rathbuni</i>	I	58676	57268	<b>56971</b>	57010	57010	57005	57010
<i>Polydora</i> sp.	IV	45568	45329	43365	42603	<b>42042</b>	42603	42406
<i>Potamilla reniformis</i>	II	47734	47540	47012	46525	<b>46124</b>	46525	46525
<i>Potamocorbula amurensis</i>	V	19755	19623	19278	<b>15147</b>	15147	15147	15147
<i>Praxillella gracilis</i>	III	61993	57605	53776	47804	<b>47066</b>	47804	47066
<i>Praxillella praetermissa</i>	III	58719	56796	55962	53080	<b>52898</b>	53080	53080
<i>Praxillella</i> sp.	III	54524	53251	<b>53229</b>	53231	53231	53231	53231
<i>Priapululus caudatus</i>	III	63479	63471	63471	62519	<b>62513</b>	62519	62519
<i>Prionospio malmgreni</i>	IV	30778	30771	30771	<b>30261</b>	30261	30261	30261
<i>Protomedeia popovi</i>	II	24566	23974	23768	<b>23704</b>	23703	23704	23703
<i>Protothaca jedoyensis</i>	II	21209	20747	20627	20400	<b>20298</b>	20400	20400
<i>Raeta pulchella</i>	III	74020	73799	<b>73411</b>	73641	73637	73641	73641
Sabellidae. gen. sp.	I	31019	<b>30401</b>	30401	30401	30401	30401	30401
<i>Scalibregma inflatum</i>	III	84878	84850	83884	<b>83444</b>	83444	83444	83444
<i>Scolelepis</i> sp.	III	23383	23351	23343	23351	<b>20700</b>	23351	23351
<i>Scoloplos armiger</i>	III	102466	98326	97666	98095	82987	98095	<b>95213</b>
<i>Serripes groenlandicus</i>	I	42654	42077	42077	<b>41843</b>	41842	42048	41843
<i>Sigambra bassi</i>	IV	89519	87779	83362	85270	<b>85270</b>	85270	85270
Sipuncula fam. gen. sp.	I	70566	68906	66830	65781	<b>68740</b>	68741	68447
Spionidae gen. sp.	III	69210	68945	<b>68213</b>	678741	66068	67830	64458
<i>Spiophanes berkeleyorum</i>	III	47392	47389	47388	47083	47072	47083	<b>45818</b>
<i>Spiophanes bombyx</i>	III	71885	69310	69310	69310	69310	<b>69279</b>	69310
<i>Sternaspis scutata</i>	III	45941	44657	43711	<b>41966</b>	41966	41966	41966
<i>Theora lubrica</i>	III	61211	61203	61202	<b>60110</b>	60109	60110	60110
<i>Tritodynamia rathbunae</i>	II	10202	10186	10186	<b>8937</b>	8937	8937	8937
<i>Westwoodilla</i> sp.	II	77968	76713	76713	76713	76713	<b>76519</b>	76713

Таблица А.2 – Некоторые характеристики морской среды в точках отбора проб макрозообентоса на исследованных акваториях

Станция	Глубина, м	ТФФ, усл. ед.	С <sub>орг.</sub> , %	Содержание алевропелитов, %	Тип грунта
Акватория к северу от устья реки Туманной, 1996 г.					
T1	10	1.25	10.20	13.7	Песок мелкий
T2	51	1.75	10.50	44.2	Песок алевритовый
T3	62	2.00	9.50	30.3	Песок алевритовый
T4	67	2.00	5.20	16.5	Песок средний

Продолжение таблицы А.2

Станция	Глубина, м	ТРФ, усл. ед.	С <sub>орг.</sub> , %	Содержание алевропелитов, %	Тип грунта
T5	11	1.00	1.00	2.4	Песок мелкий
T6	11	2.25	12.00	48.7	Песок алевритовый
T7	21	1.25	0.40	0.8	Песок средний
T8	28	1.25	0.50	0.4	Песок средний
T9	52	1.25	0.70	0.7	Песок средний
T10	11	1.25	0.80	6.7	Песок мелкий
T11	9	1.25	2.00	2.2	Песок мелкий
T12	27	1.75	10.20	34.4	Песок алевритовый
T13	26	1.50	0.60	0.7	Песок средний
T14	52	1.50	1.30	3.7	Песок средний
T15	51	1.50	2.50	13.8	Песок мелкий
T16	27	1.50	0.60	0.4	Песок гравийный
T17	35	2.00	15.70	29.7	Песок алевритовый
T18	33	2.00	13.70	46.4	Песок алевритовый
T19	21	1.50	22.50	59.1	Алеврит песчаный
T20	7	1.25	6.00	1.3	Песок средний
T23	20	1.25	1.70	7.5	Песок средний
T24	43	1.25	2.00	12.2	Песок мелкий
T25	26	1.25	1.80	9.3	Мелкий песок
T26	20	1.50	1.10	0.8	Песок средний
Прибрежье Владивостока, 2001 г.					
A10	16	2.80	2.37	59.9	Алеврит песчаный
A11	9	2.00	2.00	99.3	Алеврит пелитовый
A12	16	2.00	2.37	88.0	Алеврит пелитовый
A16	17	2.40	3.28	96.1	Алеврит пелитовый
A24	21	3.60	3.46	89.9	Алеврит пелитовый
A37	35	2.40	3.37	82.9	Алеврит песчаный
A39	32	2.40	2.68	71.4	Алеврит песчаный
A4	6	2.20	1.73	88.4	Алеврит пелитовый
A42	14	2.00	0.82	59.9	Алеврит песчаный
A55	23	2.80	4.28	88.1	Алеврит пелитовый
A59	22	2.80	5.37	83.8	Алеврит пелитовый
A6	9	2.00	1.91	98.9	Пелит алевритовый
A8	20	2.40	2.64	99.4	Пелит
A9	18	2.60	2.28	99.6	Пелит
U100	18	3.40	3.28	43.8	Песок алевритовый
U103	20	1.80	2.37	74.1	Алеврит пелитовый
U104	6	2.00	1.91	94.9	Алеврит пелитовый
U105	41	2.20	2.09	47.8	Песок алевритовый
U106	27	1.80	0.73	72.8	Алеврит песчаный
U108	48	1.60	0.46	12.3	Песок мелкий
U11	22	1.80	1.00	13.8	Песок мелкий

Продолжение таблицы А.2

Станция	Глубина, м	<i>ТPF</i> , усл. ед.	<i>C</i> <sub>орг.</sub> , %	Содержание алевропелитов, %	Тип грунта
<i>U16</i>	14	1.80	0.27	6.9	Песок мелкий
<i>U17</i>	15	1.80	0.36	17.6	Песок мелкий
<i>U18</i>	19	2.80	0.91	14.0	Песок мелкий
<i>Z18</i>	18	1.80	0.46	40.6	Алеврит пелитовый
<i>Z19</i>	13	2.00	0.46	46.3	Алеврит пелитовый
<i>Z23</i>	19	2.80	3.18	52.3	Алеврит пелитовый
<i>Z11</i>	19	4.00	9.28	53.4	Алеврит пелитовый
<i>Z12</i>	24	2.80	9.46	43.2	Алеврит пелитовый
<i>Z22</i>	18	3.80	0.73	62.5	Песок алевритовый
<i>Z7</i>	18	4.40	11.65	56.1	Алеврит гравийный
<i>A24a</i>	16	2.80	1.91	41.3	Песок алевритовый
<i>A28</i>	9	1.60	1.82	73.8	Алеврит песчаный
Северная часть Амурского залива, 2005 г.					
<i>7</i>	2.5	2.40	16.10	89.9	Пелит алевритовый
<i>24</i>	5	2.60	15.90	94.6	Пелит алевритовый
<i>27</i>	7	2.00	18.50	96.7	Пелит алевритовый
<i>47</i>	6	2.20	17.40	99.5	Пелит алевритовый
<i>56</i>	16	2.60	20.40	96.8	Пелит алевритовый
<i>60</i>	14	2.40	20.40	99.1	Пелит алевритовый
<i>61</i>	7	2.60	15.90	99.4	Пелит алевритовый
<i>65</i>	1.5	2.00	3.90	26.7	Песок алевритовый
<i>66</i>	5	2.40	13.30	98.2	Пелит алевритовый
<i>85</i>	5.5	2.40	14.70	98.9	Пелит алевритовый
<i>97</i>	18	2.00	22.80	99.4	Пелит
<i>98</i>	15	2.40	19.10	98.5	Пелит алевритовый
<i>10n</i>	1	2.20	24.50	16.7	Песок алевритовый
<i>11n</i>	0.5	2.40	29.50	92.6	Пелит алевритовый
<i>1n</i>	0.7	2.40	14.30	88.6	Алеврит пелитовый
<i>2n</i>	1.5	2.40	15.20	97.7	Алеврит пелитовый
<i>3n</i>	18	2.20	28.60	94.8	Пелит
<i>8n</i>	1	2.40	3.70	1.1	Гравий песчаный
<i>9n</i>	3	2.20	12.90	90.1	Алеврит пелитовый
<i>A11</i>	5	2.40	17.55	98.9	Пелит алевритовый
<i>A16</i>	15	3.00	19.30	98.3	Пелит
<i>A4</i>	5	2.60	16.00	98.4	Пелит алевритовый
<i>A6</i>	8	2.40	17.40	98.9	Пелит алевритовый
<i>A8</i>	18	2.60	21.50	99.4	Пелит
<i>A9</i>	16	2.60	22.40	99.6	Пелит
Прибрежье Владивостока, 2016 г.					
<i>Z-1</i>	9	5.00	3.66	73.8	Алеврит песчаный
<i>Z-11</i>	21	4.40	4.17	73.0	Алеврит пелитовый
<i>Z-12</i>	24	4.00	6.23	70.8	Алеврит пелитовый

Продолжение таблицы А.2

Станция	Глубина, м	ТРФ, усл. ед.	С <sub>орг.</sub> , %	Содержание алевропелитов, %	Тип грунта
Z-22	18	4.80	4.13	45.0	Песок алевритовый
Z-7	15	5.00	10.20	47.2	Алеврит гравийный
Z-14	27	3.80	4.11	81.4	Алеврит пелитовый
Z-18	30	3.80	2.78	63.7	Алеврит пелитовый
Z-19	28	4.00	4.90	86.4	Алеврит пелитовый
Z-23	37	3.00	3.55	67.2	Алеврит пелитовый
11и	15	2.80	0.11	26.6	Песок мелкий
17и	12	3.80	0.61	23.6	Песок мелкий
20и	30	2.80	1.10	24.0	Песок мелкий
34а	15	2.20	1.00	14.8	Песок мелкий
40и	27	1.80	1.94	62.4	Алеврит песчаный
43и	27	2.60	0.20	11.0	Песок мелкий
47а	16	3.20	1.26	28.0	Песок мелкий
50а	15	2.20	0.96	21.7	Песок мелкий
55и	28	2.40	0.76	41.7	Песок алевритовый
57и	38	2.40	0.86	12.4	Песок мелкий
59и	20	2.60	1.30	19.7	Песок мелкий
62а	35	2.20	3.47	39.8	Песок алевритовый
26а	21	2.80	4.03	88.1	Алеврит пелитовый
35а	25	2.40	3.23	79.1	Алеврит пелитовый
9а	17	2.40	3.08	99.6	Пелит
13и	12	2.60	1.66	45.6	Алеврит песчаный
16а	18	2.80	3.14	83.8	Алеврит пелитовый
21и	18	1.80	0.77	51.7	Алеврит песчаный
2а	10	2.80	1.58	99.5	Пелит алевритовый
4а	5	3.20	1.78	89.9	Пелит алевритовый
6и	10	3.20	1.81	52.6	Алеврит песчаный
Прибрежье Владивостока, 2018 г.					
A11	7	2.60	2.08	99.3	Алеврит пелитовый
A12	4	2.40	1.35	88.4	Алеврит пелитовый
A16	18	3.40	2.47	96.1	Алеврит пелитовый
A24	21	3.60	2.76	89.9	Алеврит пелитовый
A28	14	2.00	1.32	59.9	Алеврит песчаный
A35	30	2.20	0.89	17.6	Песок мелкий
A37	36	2.40	2.71	82.9	Алеврит песчаный
A52	8	2.40	1.65	88.0	Алеврит пелитовый
U100	22	3.40	2.29	43.8	Песок алевритовый
U103	18	2.20	0.65	7.4	Песок мелкий
U104	7	2.40	1.45	94.9	Алеврит пелитовый
U105	14	2.20	0.92	47.8	Песок алевритовый
U106	42	2.40	1.96	72.8	Алеврит песчаный
U108	50	2.20	0.59	12.3	Песок мелкий

Продолжение таблицы А.2

Станция	Глубина, м	ТPF, усл. ед.	С <sub>орг.</sub> , %	Содержание алевропелитов, %	Тип грунта
<i>U108D</i>	49	2.20	0.75	14.0	Песок мелкий
<i>U16</i>	12	2.30	0.15	6.9	Песок мелкий
Прибрежье Владивостока, 2019 г.					
<i>a16</i>	18	3.60	3.08	83.8	Алеврит пелитовый
<i>A24</i>	21	3.40	4.24	88.1	Алеврит пелитовый
<i>a35</i>	25	3.20	4.12	79.1	Алеврит пелитовый
<i>P2</i>	23	3.60	3.77	97.6	Алеврит пелитовый
<i>P4</i>	23	2.80	1.92	43.1	Песок алевритовый
<i>R11</i>	18	2.20	0.96	21.9	Песок мелкий
<i>R13</i>	24.5	3.00	1.73	41.7	Песок алевритовый
<i>R3</i>	16	3.80	4.65	82.6	Алеврит пелитовый
<i>R4</i>	22	3.20	2.63	56.3	Песок алевритовый
<i>R8</i>	19	3.00	1.71	46.4	Песок алевритовый
<i>R9</i>	26	3.40	3.40	81.9	Алеврит пелитовый
<i>U100</i>	20	3.60	2.45	64.6	Алеврит песчаный
<i>U103</i>	21	3.60	2.10	80.1	Алеврит пелитовый
<i>u17</i>	15	2.80	0.99	26.6	Песок мелкий
<i>u40</i>	27	2.80	1.37	62.4	Алеврит песчаный
<i>Z1</i>	9	4.60	7.71	73.8	Алеврит песочный
<i>Z11</i>	21	4.80	7.38	73.0	Алеврит пелитовый
<i>Z12</i>	24	4.40	3.85	70.8	Алеврит пелитовый
<i>Z14</i>	27	3.60	6.85	81.4	Алеврит пелитовый
<i>Z15</i>	30	3.40	3.62	80.1	Алеврит пелитовый
<i>Z16</i>	30	3.40	5.24	79.3	Алеврит пелитовый
<i>Z18</i>	30	3.20	3.02	63.7	Алеврит пелитовый
<i>Z19</i>	28	3.80	4.11	86.4	Алеврит пелитовый
<i>Z2</i>	11	5.00	9.95	77.3	Алеврит пелитовый
<i>Z20</i>	27	3.20	3.01	55.3	Гравий пелитовый
<i>Z21</i>	27	3.80	4.20	66.7	Алеврит песчаный
<i>Z22</i>	18	4.80	5.85	45.0	Песок алевритовый
<i>Z23</i>	37	3.40	4.60	67.2	Алеврит пелитовый
<i>Z24</i>	15	3.60	2.80	84.3	Алеврит пелитовый
<i>Z25</i>	15	2.80	2.27	76.8	Алеврит пелитовый
<i>Z3</i>	13	5.00	9.59	78.8	Алеврит пелитовый
<i>Z4</i>	18	4.80	6.41	46.3	Песок алевритовый
<i>Z7</i>	15	5.00	5.64	47.2	Алеврит гравийный

Таблица А.3 – Результаты моделирования для видов с неизвестной ассигнацией: величины информационного критерия Акаике (АИС; красным цветом выделены минимальные значения)

Таксон	Модель						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Acila insignis</i>	73789	<b>69346</b>	69346	69346	69346	69346	69346
<i>Ampharete</i> sp.	104483	102657	102657	102657	102657	<b>102651</b>	102656
Ampharetidae gen. sp.	19014	18604	17779	15956	<b>15817</b>	15956	15818
<i>Amphiodia fissa</i>	74211	<b>69646</b>	69646	69646	69646	69646	69646
<i>Amphiodia periercta</i>	19331	17567	17187	17096	<b>17016</b>	17096	17096
<i>Aphelochaeta pacifica</i>	105927	98976	88951	90995	<b>88502</b>	90995	90995
Aphroditidae gen. sp.	27728	27290	<b>26467</b>	26749	26747	26676	26607
<i>Asterias amurensis</i>	69445	68471	<b>67499</b>	68375	68371	67775	67583
<i>Axinopsida subquadrata</i>	79224	<b>75785</b>	75785	75785	75785	75785	75785
<i>Bela erosa</i>	41460	<b>41090</b>	41090	41090	41090	41090	41090
<i>Cerebratulus signatus</i>	42303	42266	41813	37123	<b>36814</b>	37123	37123
<i>Cheilonereis cyclurus</i>	36200	34842	34791	34811	34807	34798	<b>34606</b>
<i>Chone cincta</i>	9936	9902	9694	<b>4728</b>	4728	4728	4728
<i>Cistenides</i> sp.	32880	32029	31791	<b>31747</b>	31747	31747	31744
<i>Crangon amurensis</i>	75636	73415	73415	73415	73415	73415	<b>73373</b>
<i>Cryptonatica janthostoma</i>	63954	<b>61405</b>	61405	61405	61405	61405	61405
<i>Cymatoica orientalis</i>	35947	35934	35934	<b>35595</b>	35596	35596	35596
<i>Edwardsia japonica</i>	68694	68482	66388	64003	<b>62631</b>	64003	63538
<i>Eteone bistrata</i>	32537	32266	<b>31855</b>	32067	32060	32044	31966
<i>Felaniella usta</i>	25520	18653	<b>18466</b>	26114	26114	26114	26114
<i>Gaetice depressus</i>	19249	17768	17420	<b>17094</b>	17094	17768	17094
<i>Grandifoxus longirostris</i>	36252	34676	<b>33877</b>	34676	34676	34676	34676
Lineidae gen. sp.	81001	80266	80266	80266	80266	80266	<b>79495</b>
<i>Macoma scarlatoi</i>	29220	29162	27755	26631	<b>26628</b>	27239	26631
<i>Macoma</i> sp.	61330	61235	<b>60836</b>	61153	61150	61153	61153
<i>Menestho exarattissima</i>	15191	13537	12962	13250	<b>10615</b>	13250	13250
<i>Monoculodes breviops</i>	41684	<b>40816</b>	40816	40816	40816	40816	40816
<i>Monoculodes diamesus</i>	26976	25726	22926	21615	<b>17508</b>	21615	21615
<i>Mya japonica</i>	21522	21134	21024	<b>20861</b>	20861	20861	20861
<i>Mya pseudoarenaria</i>	19802	19802	19802	<b>19471</b>	19470	19471	19471
<i>Mya uzenensis</i>	51306	51169	50700	50211	50173	50211	<b>50151</b>
<i>Nassarius multigranosus</i>	23481	23102	23061	23102	14112	<b>14110</b>	14112
Nereidae gen. sp.	32385	32347	32328	32309	32302	32309	<b>29854</b>
<i>Nothria iridescens</i>	29507	29047	29047	29056	<b>27397</b>	29056	29056
<i>Pectinaria</i> sp.	71489	69609	68198	68942	68068	68942	<b>63811</b>
Phyllodocidae gen. sp.	79631	78877	78498	78203	<b>78110</b>	78202	78176
<i>Pleusymtes</i> sp.	73044	70373	68391	67001	<b>66858</b>	67001	67001
Polynoidae gen. sp.	12435	12338	12125	12151	<b>12010</b>	12142	12151

Продолжение таблицы А.3

Таксон	Модель						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
<i>Pontogeneia</i> sp.	24444	21552	20326	21552	21552	21552	<b>18081</b>
<i>Pontoporeia furcigera</i>	20057	20034	19823	<b>19231</b>	19231	19231	19231
<i>Prionospio nova</i>	10084	9661	9444	<b>8900</b>	8900	8900	8900
<i>Prionospio</i> sp.	76333	76191	<b>75416</b>	75993	75989	75993	75993
<i>Protocallithaca adamsi</i>	77622	77620	77620	76719	<b>76708</b>	76719	76719
<i>Protomedeia epimerata</i>	44319	42882	42724	42383	<b>42190</b>	42383	42383
<i>Protomedeia</i> sp.	64917	63603	62171	60397	<b>60135</b>	60299	60397
<i>Pyrgolampros rufofasciata</i>	41979	<b>35522</b>	35522	35522	35522	35522	35522
<i>Schistomeringos japonica</i>	75665	53629	47677	47408	<b>45147</b>	47408	47092
Solenogastres fam. gen. sp.	29608	28821	28337	<b>26695</b>	26695	26695	26695
<i>Synandwakia</i> sp.	22495	22493	22493	21700	<b>21266</b>	21700	21700
<i>Synidotea cinerea</i>	67205	67163	66111	63305	<b>61786</b>	63305	63129
Terebellidae gen. sp.	61123	60652	59798	59124	<b>58134</b>	59124	58362
<i>Yoldia johanni</i>	56394	<b>54709</b>	54709	54709	54709	54709	54709
<i>Yoldia</i> sp.	24180	23463	22831	22376	22376	22376	<b>22294</b>

Таблица А.4. Виды и таксоны более высокого ранга, найденные на акватории залива Петра Великого, и рекомендованные для них экологические группы по отношению к содержанию органического углерода

№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
1	<i>Abrina shiashkotanica</i>	II
2	<i>Acanthomysis stelleri</i>	II
3	<i>Acila insignis</i>	I
4	Actiniaria fam. gen. sp.	II
5	<i>Aglaja gigliolii</i>	I
6	<i>Alitta brandti</i>	III
7	<i>Alpheus brevicristatus</i>	II
8	<i>Alveinus ojanus</i>	I
9	<i>Ampelisca macrocephala</i>	I
10	<i>Ampelisca</i> sp.	I
11	<i>Ampharete acutifrons</i>	II
12	<i>Ampharete reducta</i>	III
13	<i>Ampharete sibirica</i>	I
14	<i>Ampharete</i> sp.	II
15	Ampharetidae gen. sp.	III
16	<i>Amphiodia fissa</i>	II
17	<i>Amphiodia periercta</i>	I
18	<i>Amphioplus macrasis</i>	I
19	<i>Amphipholis kochii</i>	I
20	<i>Anadara broughtoni</i>	IV

Продолжение таблицы А.4

№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
21	<i>Anisocorbula venusta</i>	IV
22	<i>Anisogammarus pugettensis</i>	II
23	<i>Anobothrus gracilis</i>	III
24	<i>Anonyx laticoxae</i>	II
25	<i>Anonyx pavlovskii</i>	II
26	<i>Anonyx</i> sp.	II
27	<i>Aphelochaeta pacifica</i>	IV
28	<i>Aphrodita</i> sp.	I
29	<i>Aphroditidae</i> gen. sp.	IV
30	<i>Apoprionospio nova</i>	II
31	<i>Arabella iricolor</i>	I
32	<i>Arabella</i> sp.	I
33	<i>Arca boucardi</i>	I
34	<i>Arctolembos arcticus</i>	I
35	<i>Arcturus crenulatus</i>	II
36	<i>Arcuatula senhousia</i>	II
37	<i>Aricidea catherinae</i>	I
38	<i>Aricidea suecica</i>	III
39	<i>Aricidea uschakovi</i>	I
40	<i>Asabellides sibirica</i>	I
41	<i>Ascidia</i> fam. gen. sp.	III
42	<i>Assiminea possietica</i>	II
43	<i>Astarte borealis</i>	I
44	<i>Astarte montagui</i>	I
45	<i>Asterias amurensis</i>	IV
46	<i>Asterina pectinifera</i>	II
47	<i>Asteroidea</i> fam. gen. sp.	I
48	<i>Asychis disparidentata</i>	II
49	<i>Asychis</i> sp.	II
50	<i>Atelecyclidae</i> gen. sp.	Игнорировать
51	<i>Athenaria</i> sp.	II
52	<i>Atylus ekmani</i>	I
53	<i>Axinopsida orbiculata subquadrata</i>	II
54	<i>Axiothella catenata</i>	I
55	<i>Azumapecten farreri</i>	Игнорировать
56	<i>Balanus crenatus</i>	II
57	<i>Balanus rostratus</i>	III
58	<i>Baseodiscus princeps</i>	III
59	<i>Bathymedon ivanovi</i>	II
60	<i>Bathymedon</i> sp.	II
61	<i>Bathymedon tilesii</i>	II
62	<i>Batillaria cumingii</i>	II

Продолжение таблицы А.4

№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
63	<i>Bela erosa</i>	II
64	<i>Bispira</i> sp.	I
65	<i>Brachiura</i> fam. gen. sp.	Игнорировать
66	<i>Brada</i> sp.	I
67	<i>Brada villosa</i>	I
68	<i>Byblis gaimardi</i>	I
69	<i>Byblis</i> sp.	I
70	<i>Cadella lubrica</i>	I
71	<i>Calcarea</i> fam. gen. sp.	Игнорировать
72	<i>Callinera</i> sp.	Игнорировать
73	<i>Cancer amphioeticus</i>	II
74	<i>Cancer</i> sp.	II
75	<i>Capitella capitata</i>	V
76	Capitellidae gen. sp.	V
77	<i>Caprella acanthogaster</i>	II
78	<i>Caprella exelsa</i>	II
79	<i>Caprella scaursa diceros</i>	II
80	<i>Caprella</i> sp.	II
81	Caprellidae gen. sp.	II
82	<i>Carinoma</i> sp.	III
83	<i>Carinomella</i> sp.	I
84	<i>Cerebratulus marginatus</i>	III
85	<i>Cerebratulus signatus</i>	III
86	<i>Cerebratulus</i> sp.	III
87	<i>Cerianthus</i> sp.	I
88	<i>Chaetozone setosa</i>	III
89	<i>Charisma candida</i>	Игнорировать
90	<i>Cheilonereis cyclurus</i>	V
91	<i>Cheilonereis</i> sp.	V
92	<i>Chirimia punctata</i>	II
93	Chironomidae gen. sp.	III
94	<i>Chlamys farreri nipponensis</i>	I
95	<i>Chone cincta</i>	IV
96	<i>Chone infundibuliformis</i>	II
97	<i>Chone</i> sp.	II
98	<i>Chone teres</i>	II
99	<i>Cingulina cingulata</i>	I
100	Cirratulidae gen. sp.	IV
101	<i>Cirratulus cirratus</i>	III
102	<i>Cistenides brevicoma</i>	I
103	<i>Cistenides granulata</i>	II
104	<i>Cistenides hyperborea</i>	I

Продолжение таблицы А.4

№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
105	<i>Cistenides soldatovi</i>	I
106	<i>Cistenides</i> sp.	I
107	<i>Clinocardium californiense</i>	I
108	<i>Clinocardium ciliatum</i>	I
109	<i>Corophium</i> sp.	III
110	<i>Corophium steinegeri</i>	III
111	<i>Crangon amurensis</i>	I
112	<i>Crangon dalli</i>	II
113	<i>Crangon septemspinosa</i>	I
114	<i>Crangon</i> sp.	I
115	<i>Crassikorophium crassicorne</i>	III
116	<i>Crenella decussata</i>	I
117	<i>Crenella leana</i>	II
118	<i>Crenomytilus grayanus</i>	Игнорировать
119	<i>Cryptobranchia lima</i>	I
120	<i>Cryptonatica janthostoma</i>	I
121	<i>Cryptonatica</i> sp.	II
122	<i>Cucumaria</i> sp.	I
123	Cumacea fam. gen. sp.	I
124	<i>Cyclobranchia</i> sp.	Игнорировать
125	<i>Cylichnatys incisula</i>	I
126	<i>Cymatoica orientalis</i>	III
127	<i>Cytharella deshayes</i>	I
128	Decapoda fam. gen. sp.	II
129	<i>Demonax fullo</i>	I
130	<i>Derjuginella (Pyrgolampros) petri</i>	I
131	<i>Derjuginella (Pyrgolampros) rufofasciata</i>	I
132	<i>Diastylis alaskensis</i>	II
133	<i>Diastylis bidentata</i>	I
134	<i>Diastylis goodsiri</i>	II
135	<i>Diastylis</i> sp.	II
136	<i>Diastylopsis dawsoni</i>	IV
137	<i>Dimorphostylis asiatica</i>	I
138	<i>Diplodonta semiosperoides</i>	II
139	<i>Dipolydora cardalia</i>	IV
140	<i>Dipolydora</i> sp.	IV
141	<i>Disoma</i> sp.	Игнорировать
142	<i>Distolasterias nipon</i>	I
143	<i>Dosinia angulosa</i>	I
144	<i>Dosinia penicillata</i>	I
145	<i>Dulichia</i> sp.	III
146	<i>Echinarachnius parma</i>	I

Продолжение таблицы А.4

№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
147	<i>Echinocardium cordatum</i>	I
148	Echiurida fam. gen. sp.	I
149	<i>Echiurus echiurus</i>	II
150	<i>Edwardsia japonica</i>	III
151	<i>Egilina gracilis</i>	I
152	<i>Enipo tarasovi</i>	II
153	<i>Ennucula tenuis</i>	II
154	<i>Eohaustorius eous eous</i>	I
155	<i>Erimacrus isenbeckii</i>	I
156	<i>Eriocheir japonica</i>	II
157	<i>Eteone bistrata</i>	IV
158	<i>Eteone bistrata fuscodorsata</i>	III
159	<i>Eteone longa</i>	III
160	<i>Eteone</i> sp.	III
161	<i>Eteone spetsbergensis</i>	III
162	<i>Euchone</i> sp.	II
163	<i>Eudistylia polymorpha</i>	I
164	<i>Eulalia bilineata</i>	II
165	<i>Eulalia</i> sp.	II
166	<i>Eumida sanguinea</i>	II
167	<i>Eumida</i> sp.	II
168	Eunicidae gen. sp.	II
169	<i>Euspira pallida</i>	II
170	<i>Eyakia</i> sp.	I
171	<i>Felaniella usta</i>	I
172	<i>Fluviocingula nipponica</i>	II
173	<i>Gaetice depressus</i>	I
174	Gammaridea fam. gen. sp.	I
175	<i>Gari kazusensis</i>	I
176	<i>Glebocarcinus amphioetus</i>	Игнорировать
177	<i>Glycera capitata</i>	II
178	<i>Glycera chirori</i>	II
179	<i>Glycera nana</i>	II
180	<i>Glycera onomichiensis</i>	II
181	<i>Glycera</i> sp.	II
182	<i>Glycera tesselata</i>	II
183	<i>Glycera unicornis</i>	III
184	<i>Glycinde armigera</i>	II
185	<i>Glycinde</i> sp.	II
186	<i>Goniada maculata</i>	II
187	<i>Goniada</i> sp.	II
188	<i>Grandifoxus longirostris</i>	I

Продолжение таблицы А.4

№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
189	<i>Grandifoxus robustus</i>	I
190	<i>Grandifoxus</i> sp.	I
191	<i>Gregariella difficilis</i>	I
192	<i>Guraleus deshayesii</i>	Игнорировать
193	<i>Halocynthia aurantium</i>	II
194	<i>Halosydna brevisetosa</i>	II
195	<i>Halosydna</i> sp.	II
196	<i>Haploops tubicola</i>	III
197	<i>Harmothoe imbricata</i>	II
198	<i>Harmothoe</i> sp.	II
199	<i>Harpacticoida</i> fam. gen. sp.	Игнорировать
200	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	II
201	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	II
202	<i>Hemigrapsus</i> sp.	II
203	<i>Hesperibalanus hesperius</i>	Игнорировать
204	<i>Heteromastus filiformis</i>	IV
205	<i>Heteromastus giganteus</i>	IV
206	<i>Heteromastus</i> sp.	IV
207	<i>Hiatella arctica</i>	I
208	<i>Hippomedon granulosus</i>	I
209	Hirudinea fam. gen. sp.	IV
210	Holothuroidea fam. gen. sp.	I
211	<i>Homalopoma amussitata</i>	II
212	<i>Hoplonemertea</i> sp.	II
213	<i>Hubrechtella</i> sp.	III
214	<i>Hyas alutaceus</i>	I
215	<i>Hyas</i> sp.	I
216	<i>Ischyrocerus</i> sp.	II
217	<i>Isopoda</i> fam. gen. sp.	Игнорировать
218	<i>Kellia japonica</i>	I
219	<i>Lagis koreni</i>	IV
220	<i>Lamispina schmidtii</i>	I
221	<i>Lamprops quadriplicata</i>	I
222	<i>Lanassa</i> sp.	I
223	<i>Lanassa venusta venusta</i>	I
224	<i>Laonice cirrata</i>	II
225	<i>Laonice</i> sp.	III
226	Leptostraca fam. gen. sp.	II
227	<i>Leucon nasica</i>	II
228	<i>Lilljeborgia serratooides</i>	I
229	<i>Liloa porcellana</i>	Игнорировать
230	<i>Limecola balthica</i>	III

Продолжение таблицы А.4

№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
231	<i>Limnoria</i> sp.	III
232	<i>Lineidae</i> gen. sp.	II
233	<i>Lineus</i> sp.	III
234	<i>Liocyma fructuosa</i>	I
235	<i>Littorina squalida</i>	II
236	<i>Luidia quinaria</i>	I
237	<i>Lumbrineris japonica</i>	II
238	<i>Lumbrineris longifolia</i>	II
239	<i>Lumbrineris</i> sp.	II
240	<i>Lyonsia nuculaniformis</i>	II
241	Lysianassidae gen. sp.	I
242	<i>Macoma calcarea</i>	II
243	<i>Macoma crassula</i>	III
244	<i>Macoma incongrua</i>	II
245	<i>Macoma nipponica</i>	III
246	<i>Macoma orientalis</i>	II
247	<i>Macoma scarlatoi</i>	III
248	<i>Macoma shiashkotanica</i>	II
249	<i>Macoma</i> sp.	II
250	<i>Macoma tokyoensis</i>	II
251	<i>Mactra chinensis</i>	I
252	<i>Magelona berkeleyi</i>	I
253	<i>Magelona longicornis</i>	II
254	<i>Magelona pacifica</i>	I
255	<i>Magelona</i> sp.	I
256	<i>Majidae</i> gen. sp.	Игнорировать
257	<i>Malacoceros fuliginosus</i>	V
258	<i>Maldane sarsi</i>	II
259	<i>Maldanella antarctica</i>	V
260	Maldanidae gen. sp.	I
261	<i>Mangeliidae</i> gen. sp.	Игнорировать
262	<i>Margarites picturata</i>	II
263	<i>Mediomastus californiensis</i>	III
264	<i>Mediomastus</i> sp.	III
265	<i>Melanochlamys diomedea</i>	I
266	<i>Melinna elisabethae</i>	III
267	<i>Melinna</i> sp.	III
268	<i>Melita dentata</i>	I
269	<i>Melita</i> sp.	II
270	<i>Menestho exarata</i>	I
271	<i>Menestho exaratissima</i>	V
272	<i>Mercenaria stimpsoni</i>	II

Продолжение таблицы А.4

№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
273	<i>Metasychis gotoi</i>	II
274	<i>Metridium senile fimbriatum</i>	II
275	<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	I
276	<i>Modiolus difficilis</i>	I
277	<i>Modiolus kurilensis</i>	I
278	<i>Monocorophium acherusicum</i>	III
279	<i>Monoculodes breviops</i>	I
280	<i>Monoculodes crassirostris</i>	I
281	<i>Monoculodes diamesus</i>	IV
282	<i>Monoculodes latimanus</i>	I
283	<i>Monoculodes pallidus</i>	I
284	<i>Monoculodes semenovi</i>	I
285	<i>Monoculodes sp.</i>	II
286	<i>Monoculodes tuberculatus</i>	I
287	<i>Monoculodes zernovi</i>	I
288	<i>Musculista senhousia</i>	III
289	<i>Mya arenaria</i>	II
290	<i>Mya japonica</i>	I
291	<i>Mya priapus</i>	II
292	<i>Mya pseudoarenaria</i>	III
293	<i>Mya sp.</i>	II
294	<i>Mya truncata</i>	III
295	<i>Mya uzenensis</i>	III
296	<i>Mysella sp.</i>	III
297	<i>Mysella ventricosa</i>	III
298	<i>Mytilus edulis</i>	III
299	<i>Myxicola sp.</i>	II
300	<i>Najna conciliorum</i>	Игнорировать
301	<i>Nassarius fraterculus</i>	II
302	<i>Nassarius multigranosus</i>	IV
303	<i>Neanthes sp.</i>	III
304	<i>Nectocrangon lar lar</i>	Игнорировать
305	<i>Nectoneanthes latipoda</i>	III
306	<i>Nectoneanthes oxypoda</i>	III
307	Nemertea fam. gen. sp.	III
308	<i>Neohaustator fortilirata</i>	Игнорировать
309	<i>Neomysis czerniavskii</i>	II
310	<i>Neomysis sp.</i>	II
311	<i>Nephtys caeca</i>	II
312	<i>Nephtys ciliata</i>	II
313	<i>Nephtys longosetosa</i>	II
314	<i>Nephtys sp.</i>	II

Продолжение таблицы А.4

№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
315	<i>Nereidae gen. sp.</i>	IV
316	<i>Nereiphylla castanea</i>	II
317	<i>Nereis longior galinae</i>	III
318	<i>Nereis sp.</i>	IV
319	<i>Nereis tigrina</i>	III
320	<i>Nereis zonata</i>	III
321	<i>Nicolea sp.</i>	II
322	<i>Nicomache lumbricalis</i>	II
323	<i>Nicomache sp.</i>	II
324	<i>Nihonotrypaea japonica</i>	III
325	<i>Nipponnemertes arenaria</i>	II
326	<i>Nipponomysella obesa</i>	III
327	<i>Nothria holobranchiata</i>	II
328	<i>Nothria iridescens</i>	III
329	<i>Nothria sp.</i>	II
330	<i>Notomastus annenkovae</i>	III
331	<i>Notomastus latericeus</i>	II
332	<i>Notomastus sp.</i>	III
333	<i>Nototropis ekmani</i>	I
334	<i>Nuttallia japonica</i>	Игнорировать
335	<i>Nuttallia olivacea</i>	Игнорировать
336	<i>Nymphon striatum</i>	I
337	<i>Obelia longissima</i>	II
338	<i>Obesotoma sp.</i>	I
339	<i>Odostomia culta</i>	II
340	<i>Oenopota sp.</i>	I
341	<i>Oenopota triphera</i>	I
342	<i>Olivella borealis</i>	I
343	<i>Onisimus normani</i>	Игнорировать
344	<i>Onuphis iridescens</i>	II
345	<i>Onuphis shirikishinaiensis</i>	II
346	<i>Onuphis sp.</i>	II
347	<i>Ophelia limacina</i>	I
348	<i>Opheliidae gen. sp.</i>	Игнорировать
349	<i>Ophelina acuminata</i>	III
350	<i>Ophiodermella ogurana</i>	I
351	<i>Ophiura sarsii</i>	II
352	<i>Oratosquilla oratoria</i>	I
353	<i>Orbinia sp.</i>	I
354	<i>Orbiniidae gen. sp.</i>	Игнорировать
355	<i>Orchomenella japonica</i>	II
356	<i>Orchomenella minuscula</i>	II

Продолжение таблицы А.4

№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
357	<i>Orchomenella minutus (minuta?)</i>	II
358	<i>Orchomenella pinguis</i>	II
359	<i>Orchomenella</i> sp.	II
360	<i>Owenia fusiformis</i>	II
361	<i>Pagurus brachyomastus</i>	II
362	<i>Pagurus</i> sp.	II
363	<i>Pandalus goniurus</i>	II
364	<i>Pandalus hypsinotus</i>	II
365	<i>Pandalus</i> sp.	II
366	<i>Panomys priapus</i>	II
367	Pantopoda fam. gen. sp.	Игнорировать
368	<i>Paradialychone cincta</i>	II
369	<i>Paradorippe granulata</i>	II
370	<i>Paranaitis polynoides</i>	II
371	Paraonidae gen. sp.	II
372	<i>Paraphoxus simplex</i>	II
373	<i>Parasabella aulaconota</i>	I
374	<i>Parasabella fullo</i>	I
375	<i>Pectinaria hyperborea</i>	I
376	<i>Pectinaria</i> sp.	I
377	<i>Pelonaia corrugata</i>	Игнорировать
378	<i>Phascolosoma japonica</i>	I
379	<i>Pherusa plumosa</i>	III
380	<i>Philine argentata</i>	II
381	<i>Philine orientalis</i>	II
382	<i>Philine scalpta</i>	II
383	<i>Philine</i> sp.	II
384	<i>Philinopsis giglioli</i>	I
385	<i>Pholoe minuta</i>	II
386	<i>Phoronopsis harmeri</i>	III
387	<i>Photis reinhardi</i>	I
388	<i>Phyllodoce citrina</i>	II
389	<i>Phyllodoce groenlandica</i>	IV
390	<i>Phyllodoce maculata</i>	II
391	<i>Phyllodoce</i> sp.	II
392	Phyllodocidae gen. sp.	II
393	<i>Pillucina pisidium</i>	I
394	<i>Pinnixa rathbuni</i>	I
395	<i>Pinnixa</i> sp.	I
396	<i>Pista incarientis</i>	II
397	<i>Platynereis bicanaliculata</i>	II
398	<i>Pleusymtes glaber</i>	II

Продолжение таблицы А.4

№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
399	<i>Pleusymtes</i> sp.	III
400	<i>Plicifusus</i> sp.	Игнорировать
401	<i>Polydora</i> sp.	III
402	Polynoidae gen. sp.	I
403	<i>Pontogeneia kondakovi</i>	II
404	<i>Pontogeneia rostrata</i>	II
405	<i>Pontogeneia</i> sp.	I
406	<i>Pontoporeia femorata</i>	I
407	<i>Pontoporeia furcigera</i>	III
408	<i>Potamilla reniformis</i>	II
409	<i>Potamilla</i> sp.	II
410	<i>Potamocorbula amurensis</i>	V
411	<i>Praxillella gracilis</i>	III
412	<i>Praxillella praetermissa</i>	III
413	<i>Praxillella</i> sp.	III
414	<i>Priapulus caudatus</i>	III
415	<i>Prionospio malmgreni</i>	IV
416	<i>Prionospio membranacea</i>	IV
417	<i>Prionospio nova</i>	I
418	<i>Prionospio</i> sp.	II
419	<i>Prionospio steenstrupi</i>	IV
420	<i>Propebela</i> sp.	I
421	<i>Protocallithaca adamsi</i>	III
422	<i>Protocallithaca euglypta</i>	III
423	<i>Protomedeia epimerata</i>	I
424	<i>Protomedeia microdactyla</i>	II
425	<i>Protomedeia popovi</i>	II
426	<i>Protomedeia</i> sp.	II
427	<i>Protothaca jedoyensis</i>	II
428	<i>Pseudopolydora achaeta</i>	IV
429	<i>Pseudopolydora kempji japonica</i>	IV
430	<i>Pseudopotamilla reniformis</i>	II
431	<i>Pseudopotamilla</i> sp.	II
432	<i>Pseudoscalibregma parvum</i>	III
433	<i>Pusilina plicosa</i>	I
434	<i>Raeta pulchella</i>	III
435	<i>Retusa</i> sp.	II
436	Rissoidae gen. sp.	I
437	<i>Rocinela maculata</i>	II
438	<i>Ruditapes philippinarum</i>	III
439	<i>Sabella aulaconota</i>	I
440	Sabellidae gen. sp.	I

Продолжение таблицы А.4

№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления AMBI и M-AMBI)
441	<i>Samythella</i> sp.	II
442	<i>Saxidomus purpuratus</i>	II
443	<i>Scalibregma inflatum</i>	III
444	<i>Scalibregma robusta</i>	III
445	<i>Scalibregma</i> sp.	III
446	<i>Scalibregmidae</i> gen. sp.	Игнорировать
447	<i>Scapharca broughtoni</i>	IV
448	<i>Scaphechinus griseus</i>	I
449	<i>Schistomeringos japonica</i>	V
450	<i>Scolelepis</i> sp.	III
451	<i>Scoletoma fragilis</i>	II
452	<i>Scoloplos armiger</i>	III
453	<i>Serripes groenlandicus</i>	I
454	<i>Setia candida</i>	I
455	<i>Sigambra bassi</i>	IV
456	<i>Sigambra</i> sp.	IV
457	<i>Siliqua alta</i>	II
458	<i>Sipuncula</i> fam. gen. sp.	I
459	<i>Solamen leanum</i>	II
460	<i>Solen krusensterni</i>	I
461	<i>Solenogastres</i> fam. gen. sp.	I
462	<i>Sphaerodoridium minutum</i>	II
463	<i>Spio</i> sp.	III
464	<i>Spionidae</i> gen. sp.	III
465	<i>Spiophanes berkeleyorum</i>	III
466	<i>Spiophanes bombyx</i>	II
467	<i>Spiophanes uschakovi</i>	III
468	<i>Spirontocaris</i> sp.	Игнорировать
469	<i>Spisula sakhalinensis</i>	I
470	<i>Sternaspis scutata</i>	III
471	<i>Strongylocentrotus nudus</i>	I
472	<i>Strongylocentrotus</i> sp.	I
473	<i>Styelidae</i> gen. sp.	Игнорировать
474	<i>Suavodrillicia kennicottii</i>	I
475	<i>Syllidae</i> gen. sp.	Игнорировать
476	<i>Syllis oerstedii</i>	II
477	<i>Syllis</i> sp.	II
478	<i>Synandwakia</i> sp.	III
479	<i>Synchelidium bulytschevae</i>	I
480	<i>Synidotea cinerea</i>	III
481	<i>Synidotea epimerata</i>	Игнорировать
482	<i>Syrrhoe crenulata</i>	II

Продолжение таблицы А.4

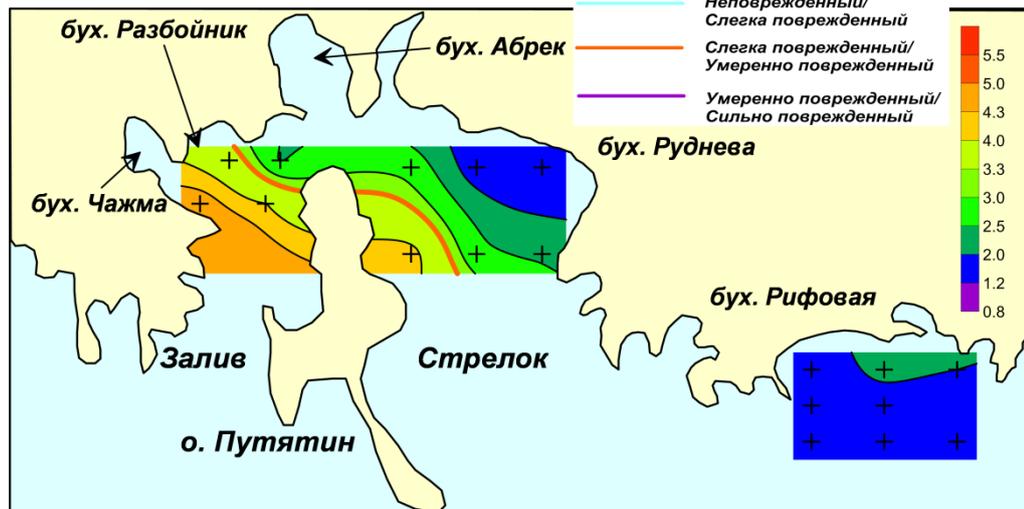
№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления АМВИ и М-АМВИ)
483	Tanaidacea gen. sp.	II
484	<i>Teinostoma atomaria</i>	II
485	<i>Telmessus cheiragonus</i>	I
486	Terebellidae gen. sp.	III
487	<i>Terebellides</i> sp.	I
488	<i>Terebellides stroemii</i>	I
489	<i>Theora lubrica</i>	III
490	<i>Thorlaksonius incarinatus</i>	I
491	<i>Thracia itoi</i>	I
492	<i>Thyasira gouldi</i>	I
493	<i>Thyasira</i> sp.	II
494	Thyasiridae gen. sp.	Игнорировать
495	<i>Thysanocardia</i> sp.	I
496	<i>Thysanoessa</i> sp.	Игнорировать
497	<i>Tiron spiniferus</i>	I
498	<i>Travisia</i> sp.	I
499	<i>Tritia acutidentata</i>	II
500	<i>Tritodynamia rathbunae</i>	II
501	<i>Trochochaeta</i> sp.	III
502	Tubulanidae gen. sp.	Игнорировать
503	<i>Turbonilla multigrata</i>	I
504	<i>Turbonilla</i> sp.	I
505	Turbonillidae gen. sp.	Игнорировать
506	Turridae gen. sp.	Игнорировать
507	<i>Turritella fortilirata</i>	I
508	<i>Turtonia minuta</i>	II
509	<i>Tylorrhynchus heterochaetus</i>	Игнорировать
510	<i>Tylorrhynchus osawai</i>	III
511	<i>Typosyllis orstedii</i>	II
512	<i>Upogebia issaeffi</i>	I
513	<i>Urechis unicinctus</i>	II
514	<i>Urothoe orientalis</i>	I
515	<i>Urticina</i> sp.	I
516	Valenciniidae gen. sp.	Игнорировать
517	<i>Velutina coriacea</i>	III
518	<i>Velutina litoralis</i>	III
519	Veneridae gen. sp.	I
520	<i>Vilasina pillula</i>	I
521	<i>Volvulella sculpturata</i>	II
522	<i>Westwoodilla caecula</i>	II
523	<i>Westwoodilla rectangularata</i>	II
524	<i>Westwoodilla</i> sp.	II

Продолжение таблицы А.4

№ пп.	Таксон	Рекомендация (группа для вычисления <i>AMBI</i> и <i>M-AMBI</i> )
525	<i>Yoldia johanni</i>	I
526	<i>Yoldia keppeliana</i>	I
527	<i>Yoldia notabilis</i>	I
528	<i>Yoldia sp.</i>	I

Примечание. Красным выделены виды с измененной по сравнению с базой *AMBI* экологической группой, синим – группа определена впервые на основе статистического анализа, зеленым – группа определена впервые на основе дополнительной информации.

АМБИ



МАМБИ



ТРФ

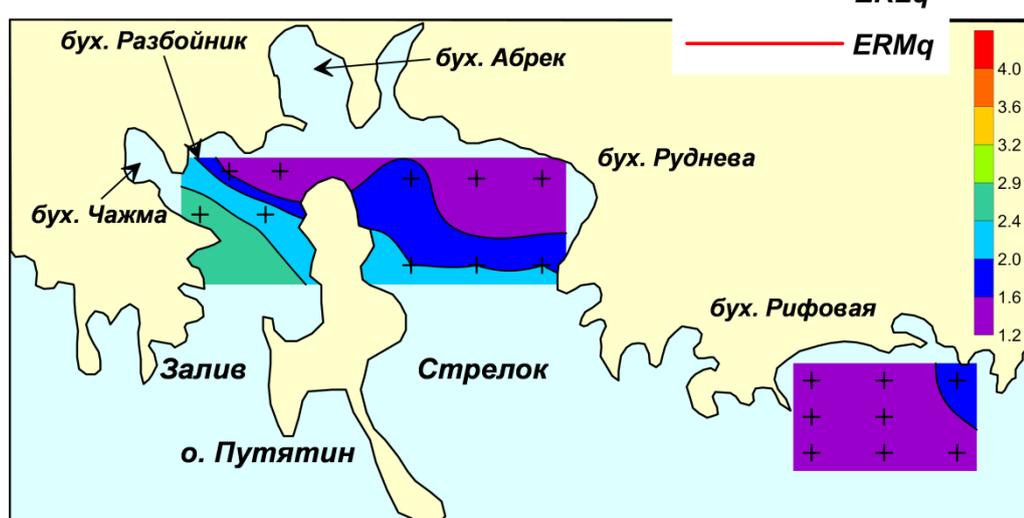


Рисунок А.1 – Качество морской среды и экологический статус макрозообентоса на акватории залива Стрелок и бухты Рифовой в 1992 г.: распределение величин индексов АМБИ, М-АМБИ и ТРФ. Крестики – станции;  $ERL_q$  и  $ERM_q$  – пороговые значения – начало и конец прогрессивной деградации донного населения (по [40, 41])

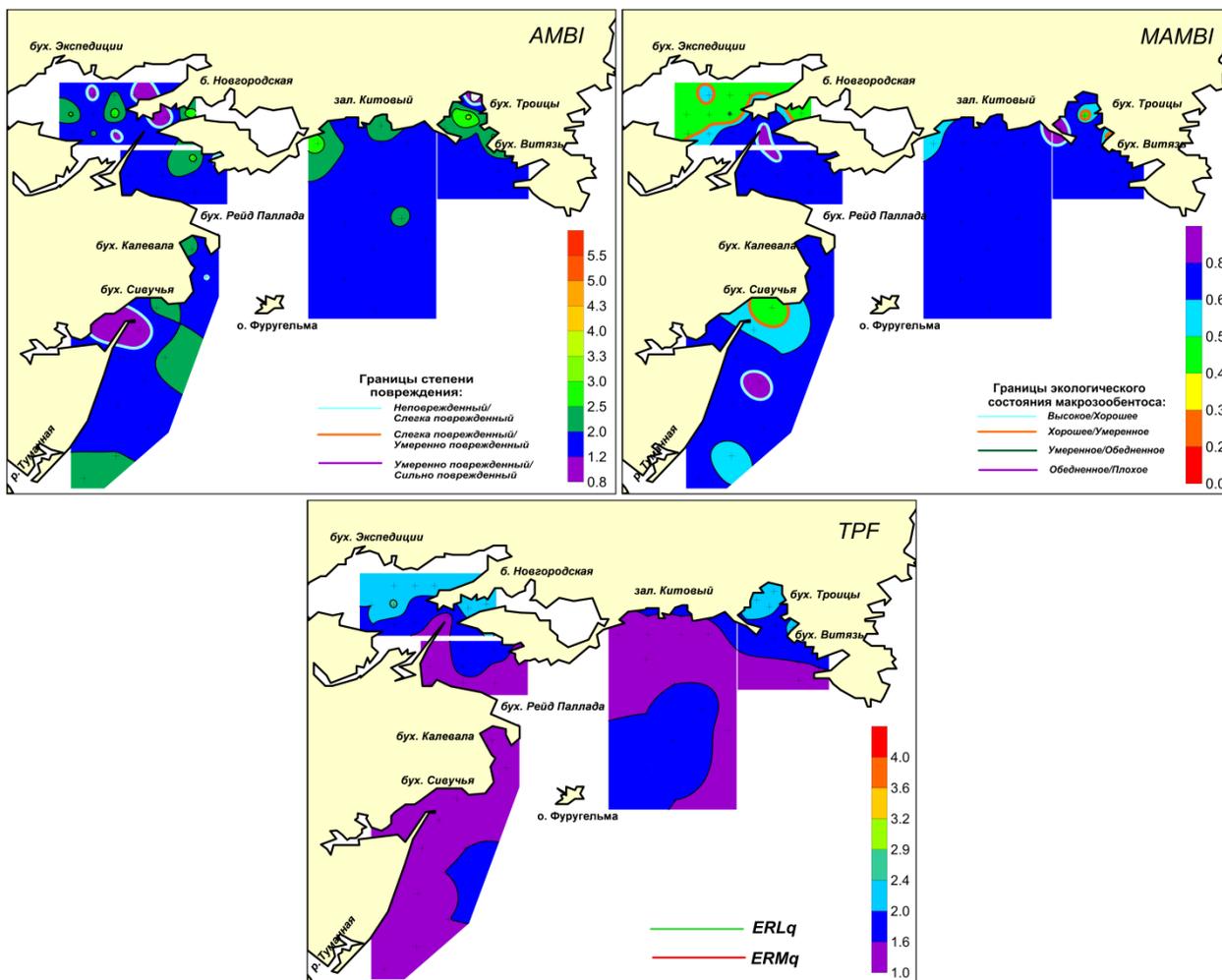


Рисунок А.2 – Качество морской среды и экологический статус макрозообентоса на акватории залива Посыета в 1993 г.: распределение величин индексов *AMBI*, *M-AMBI* и *TPF*. Крестики – станции; *ERL<sub>q</sub>* и *ERM<sub>q</sub>* – пороговые значения – начало и конец прогрессивной деградации донного населения (по [40, 41])

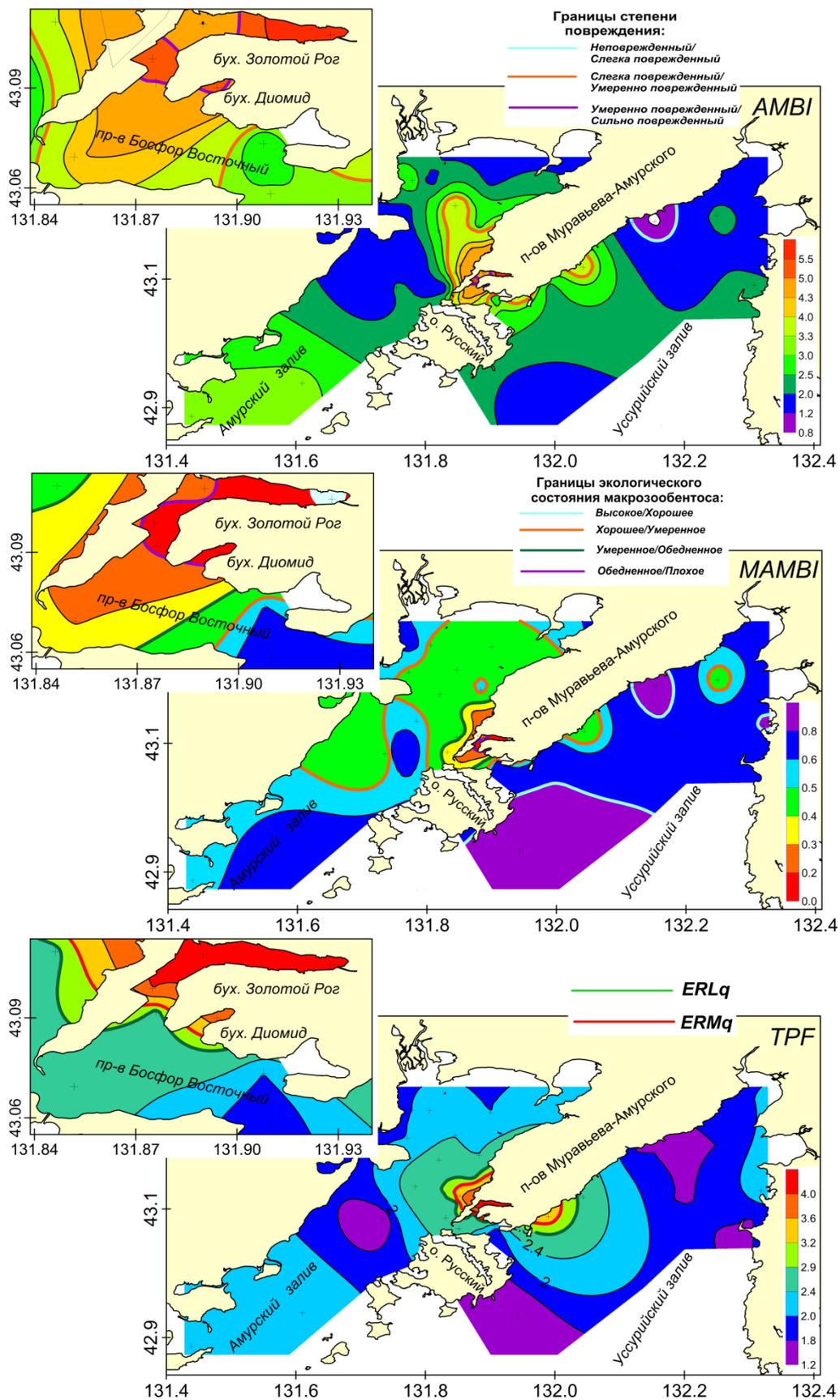


Рисунок А.3 – Качество морской среды и экологический статус макрозообентоса на прибрежных акваториях Владивостока в 2001 г.: распределение величин индексов *AMBI*, *M-AMBI* и *TPF*. Крестики – станции; *ERL<sub>q</sub>* и *ERM<sub>q</sub>* – пороговые значения – начало и конец прогрессивной деградации донного населения (по [40, 41])

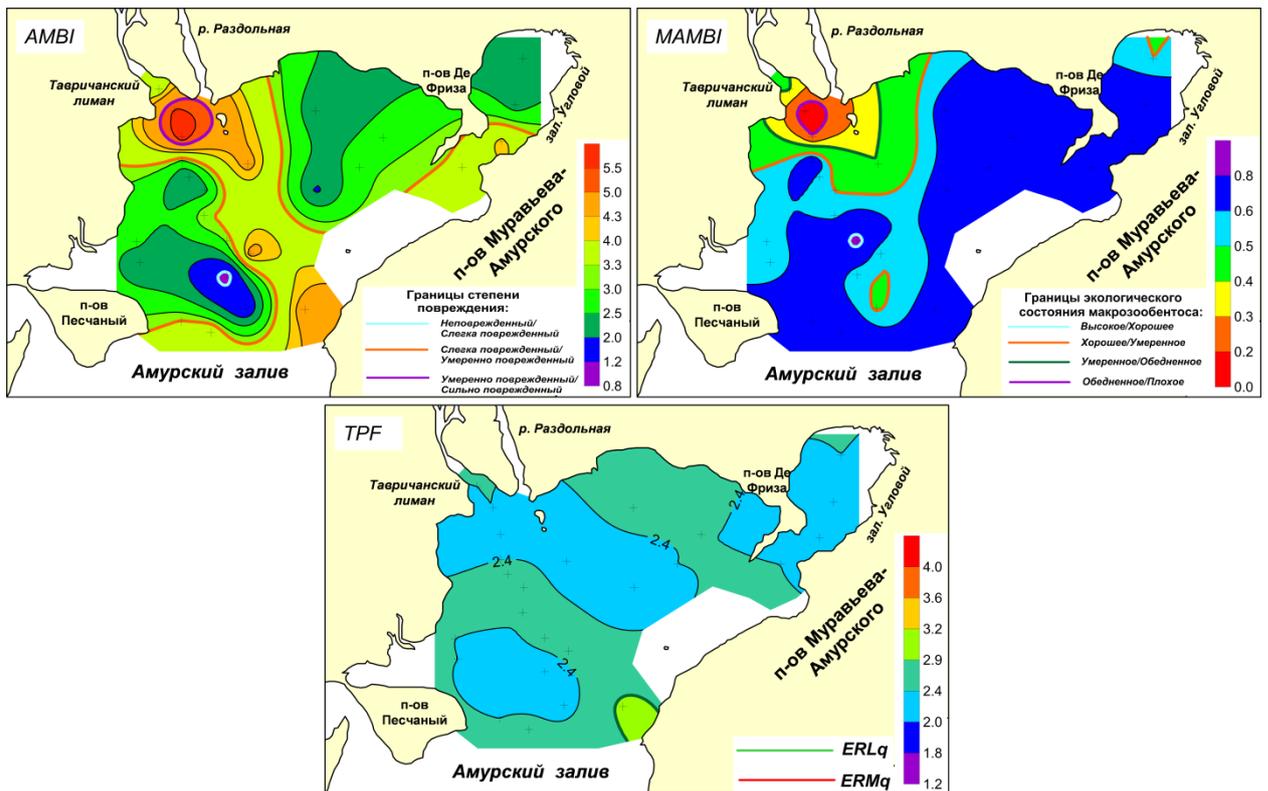


Рисунок А.4 – Качество морской среды и экологический статус макрозообентоса в северной части Амурского залива в 2005 г.: распределение величин индексов *AMBI*, *M-AMBI* и *TPF*. Крестики – станции;  $ERL_q$  и  $ERM_q$  – пороговые значения – начало и конец прогрессивной деградации донного населения (по [40, 41])

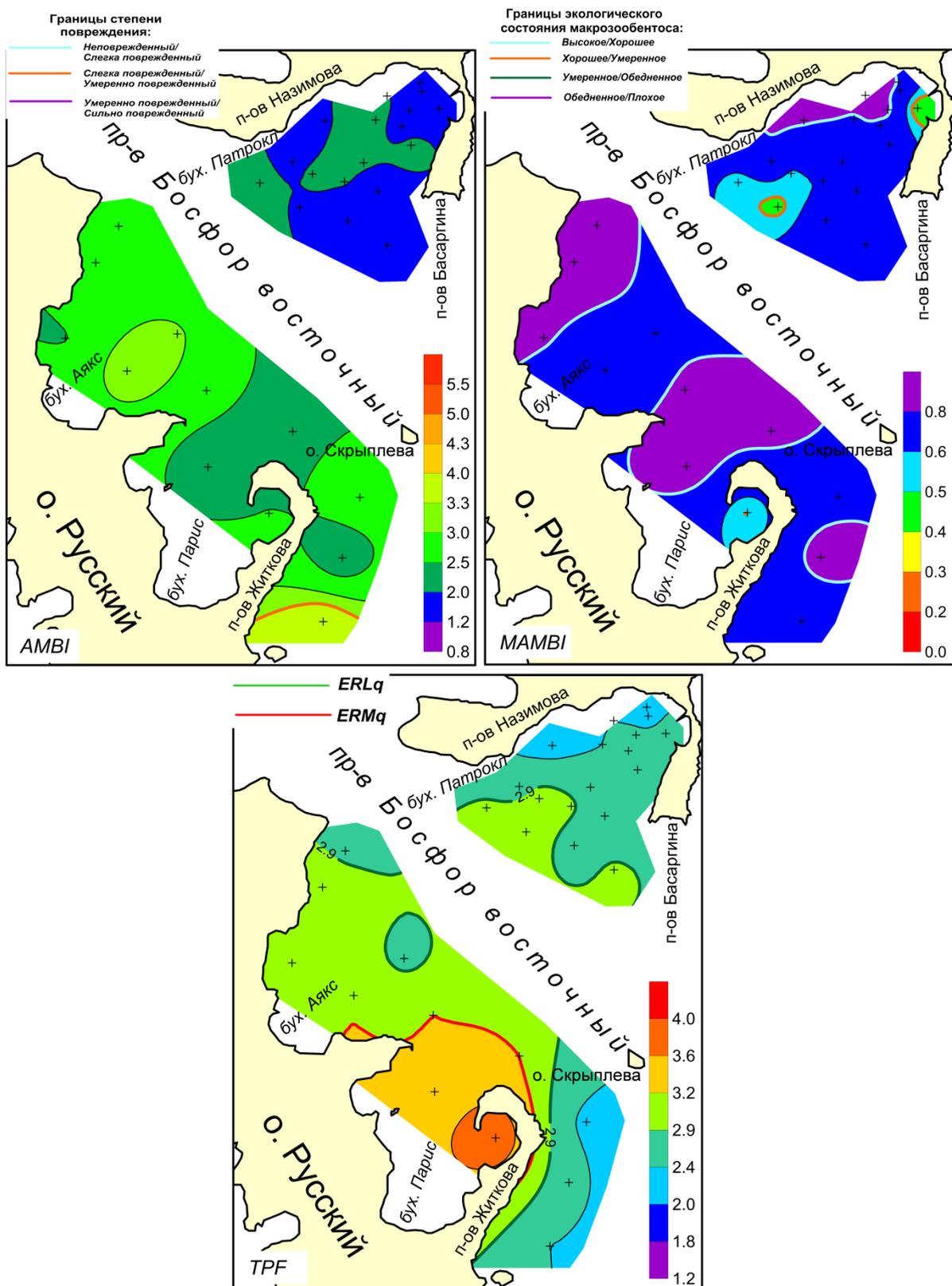


Рисунок А.5 – Качество морской среды и экологический статус макрозообентоса в восточной части пролива Босфор Восточный в 2006–2007 гг.: распределение величин индексов *AMBI*, *M-AMBI* и *TPF*. Крестики – станции; *ERL<sub>q</sub>* и *ERM<sub>q</sub>* – пороговые значения – начало и конец прогрессивной деградации донного населения (по [40, 41])

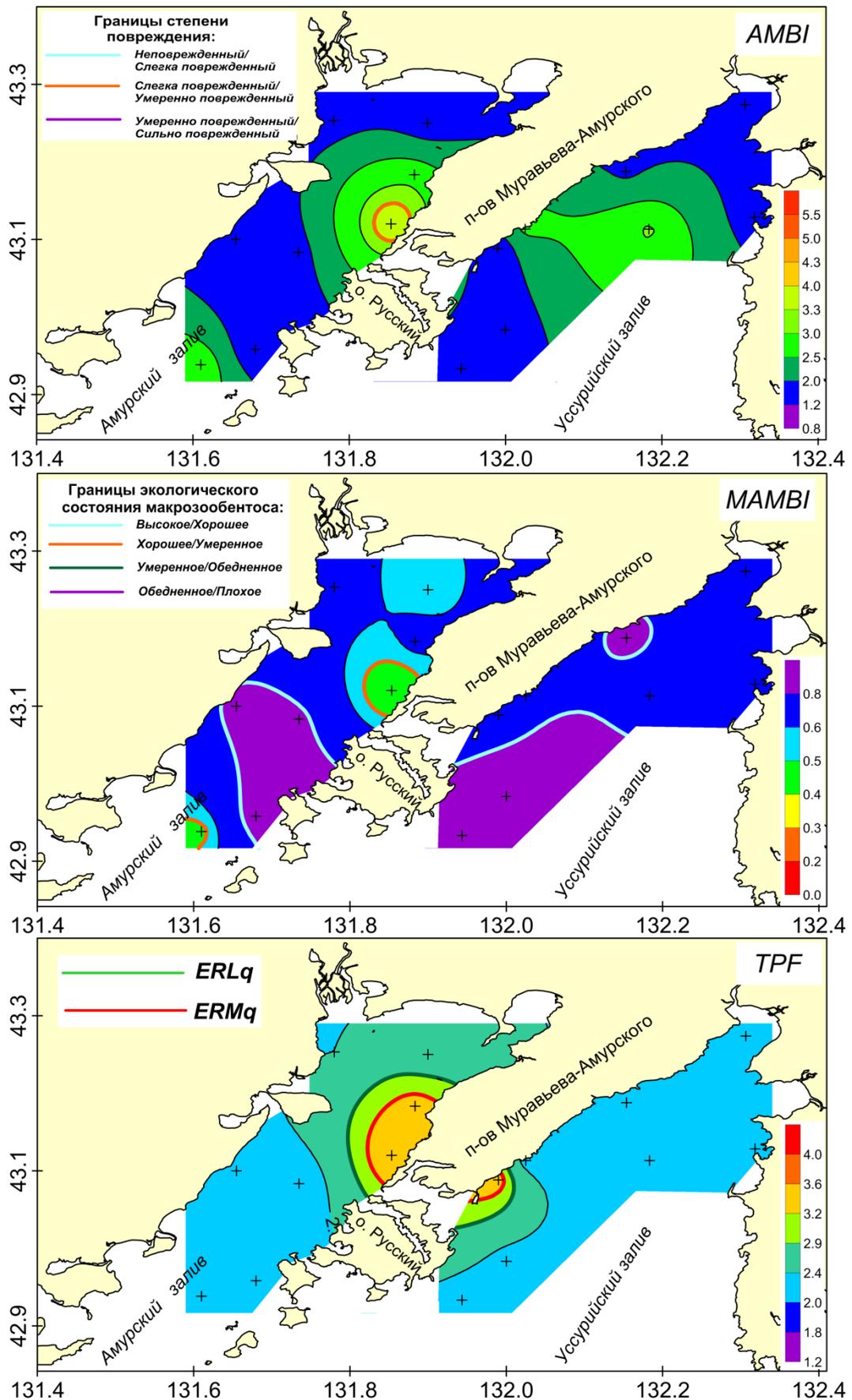


Рисунок А.6 – Качество морской среды и экологический статус макрозообентоса на прибрежных акваториях Владивостока в 2018 г.: распределение величин индексов *AMBI*, *M-AMBI* и *TPF*. Крестики – станции;  $ERL_q$  и  $ERM_q$  – пороговые значения – начало и конец прогрессивной деградации донного населения (по [40, 41])

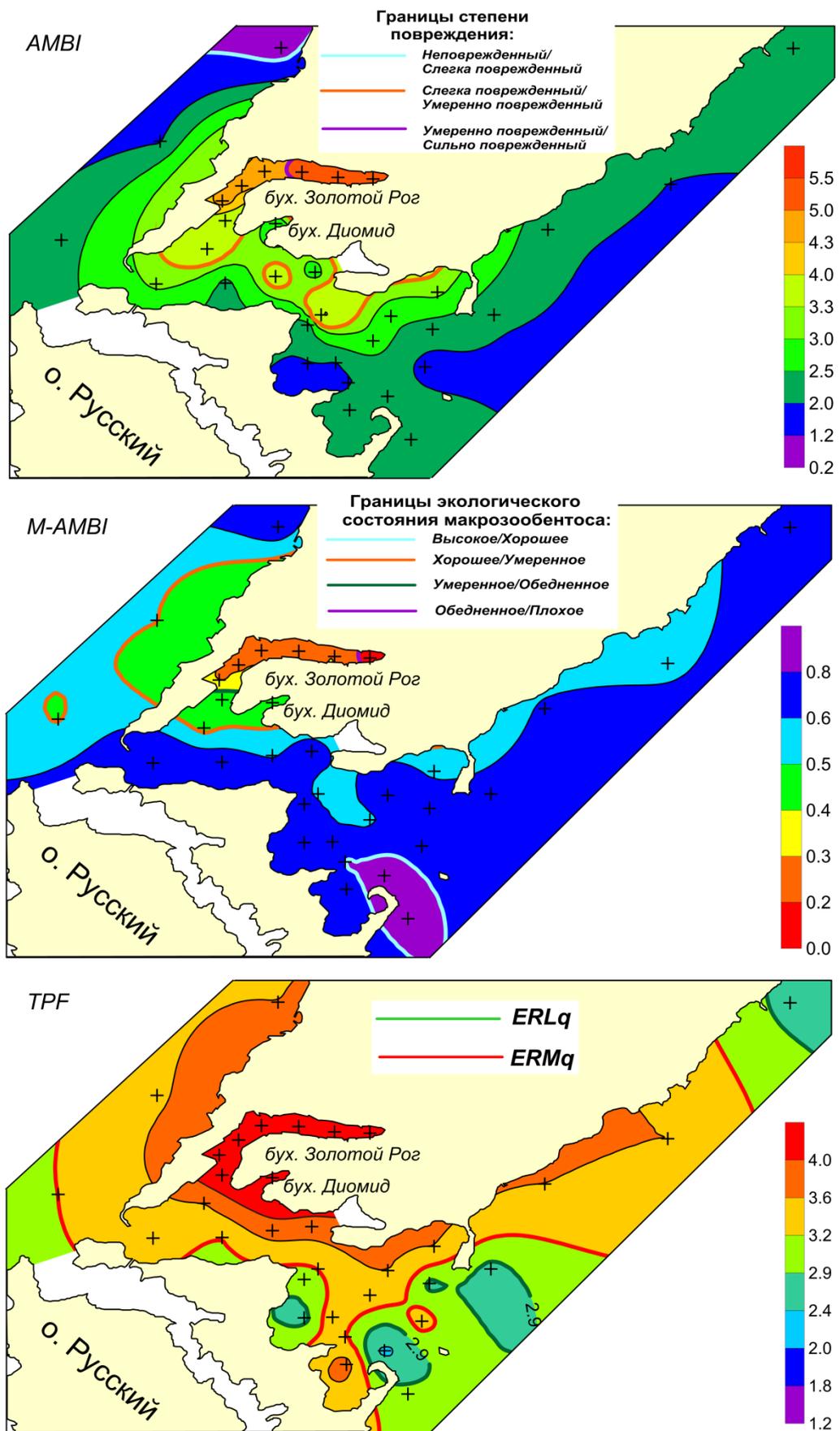


Рисунок А.7 – Качество морской среды и экологический статус макрозообентоса на прибрежных акваториях Владивостока в 2019 г.: распределение величин индексов *AMBI*, *M-AMBI* и *TPF*. Крестики – станции;  $ERL_q$  и  $ERM_q$  – пороговые значения – начало и конец прогрессивной деградации донного населения (по [40, 41])