

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
21 декабря 2021 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

МЕТОД ОЦЕНКИ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ,
ОСНОВАННЫЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВИДОВ МАКРОЗООБЕНТОСА ВДОЛЬ
ГРАДИЕНТА ЗАГРЯЗНЕНИЯ

(промежуточный)

4.6.3

Ответственный исполнитель
темы, доктор биол. наук

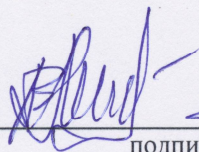
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'А.В. Мощенко', is written over the page.

А.В. Мощенко

Владивосток 2021

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

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



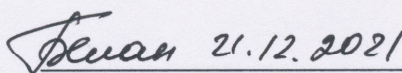
24.12.2021

подпись, дата

А.В. Мощенко
(введение, раздел 1-4,
заключение)

Исполнители темы:

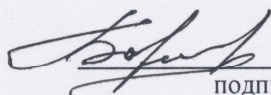
Вед. науч. сотр.,
канд. биол. наук.



21.12.2021
подпись, дата

Т.А. Белан
(раздел 1-4)

Научный сотр.



21.12.2021

подпись, дата

Б.М. Борисов
(раздел 1-4)

Нормоконтроль

подпись, дата

Е.В. Кустова

РЕФЕРАТ

Отчет 108 с., 57 рис., 6 таб., 49 источн., 1 прил.

МОНИТОРИНГ, ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Объектом исследования являются виды макрозообентоса зал. Петра Великого.

Цель исследования — разработать метод, позволяющий оценивать степень загрязнения морской среды с использованием донных животных.

В процессе работы систематизированы данные по видовому составу макрозообентоса, фракционному составу грунта, содержанию приоритетных загрязняющих веществ (ЗВ) и органического углерода в осадках для девяти полигонов (1986–2019 гг.). Разработан алгоритм для анализа распределения животных вдоль градиента общего загрязнения донных отложений (модели еНОФ; индекс химического загрязнения осадков TPF_{chem}). С его помощью исследовано распределение донных организмов и получены параметры, необходимые для разработки индекса, характеризующего загрязнение, а также создана классификация животных по отношению к TPF_{chem} . На этой основе разработан индекс TPF_{bio} , вычисляемый как усреднённый оптимум встречаемости и плотности поселения видов-индикаторов вдоль градиента TPF_{chem} по средним величинам этих параметров внутри выделенных групп животных.

Эти процедуры позволили разработать абсолютно новый метод оценки степени загрязнения морской среды. Его основой является шкала для определения TPF_{chem} по TPF_{bio} , которая состоит из двух кривых. Первая из них предназначена для определения величин TPF_{chem} по значениям TPF_{bio} (содержание частиц <0,05 мм более 10–12 %), вторая — для коррекции TPF_{chem} по TPF_{bio} для грунтов с более низкой концентрацией указанных размерностей. Обработке могут быть подвергнуты любые списки видов.

Предлагаемый метод позволяет восстанавливать последовательность изменений в силе антропогенного воздействия в периоды, когда анализ содержания ЗВ еще не производили; корректировать уровень химического загрязнения; изучать процессы аккумуляции ЗВ в самой прибрежной части моря, где анализ загрязнения не был выполнен по объективным причинам. Полученная классификация облегчает интерпретацию изменений состава и структуры донного населения на акваториях, подверженных жесткому антропогенному стрессу. Необходимо подчеркнуть, что «устойчивые» результаты использования данного метода можно гарантировать только на прибрежных акваториях Владивостока, а для «пространственного» расширения области его применения требуются дополнительные исследования, включая экспедиционные, и соответствующая верификация на основе тщательного статистического анализа.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Материалы и методы.....	11
1.1 Используемые материалы, отбор, обработка проб и анализ данных.....	11
1.2 Статистический анализ и алгоритм вычислительных процедур.....	12
2 Распределение видов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения в заливе Петра Великого, выбор параметров и построение индекса TPF_{bio}	20
3 Структура дисперсии индексов TPF_{chem} и TPF_{bio} и ее снижение.....	26
3.1 Классификация таксонов макрозообентоса по отношению к уровню загрязнения.....	26
3.2 Снижение индивидуальной изменчивости координат точек оптимума.....	32
3.3 Снижение дисперсии, обусловленной межгодовой изменчивостью и основными абиотическими факторами.....	35
4 Метод оценки общего уровня химического загрязнения среды по распределению видов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения и примеры его применения.....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	58

ВВЕДЕНИЕ

Высокий уровень контаминации многих прибрежных акваторий РФ, отсутствие выраженных тенденций к снижению содержания большинства загрязняющих веществ (ЗВ) и интенсивная экономическая эксплуатация этих районов обуславливает необходимость комплексного изучения морской среды. Для выявления факторов стрессогенного воздействия и обеспечения принятия решений и мер по сохранению чистоты, здорового состояния и жизнеспособности океана, требуется применение эффективных методов мониторинга, позволяющих оперативно получать наглядные и легко интерпретируемые результаты наблюдений. К таким методам можно отнести выявление позитивных и негативных индикаторов загрязнения, но такой подход, в своем классическом виде, позволяет определять лишь крайние варианты экологического состояния: загрязненное – незагрязненное.

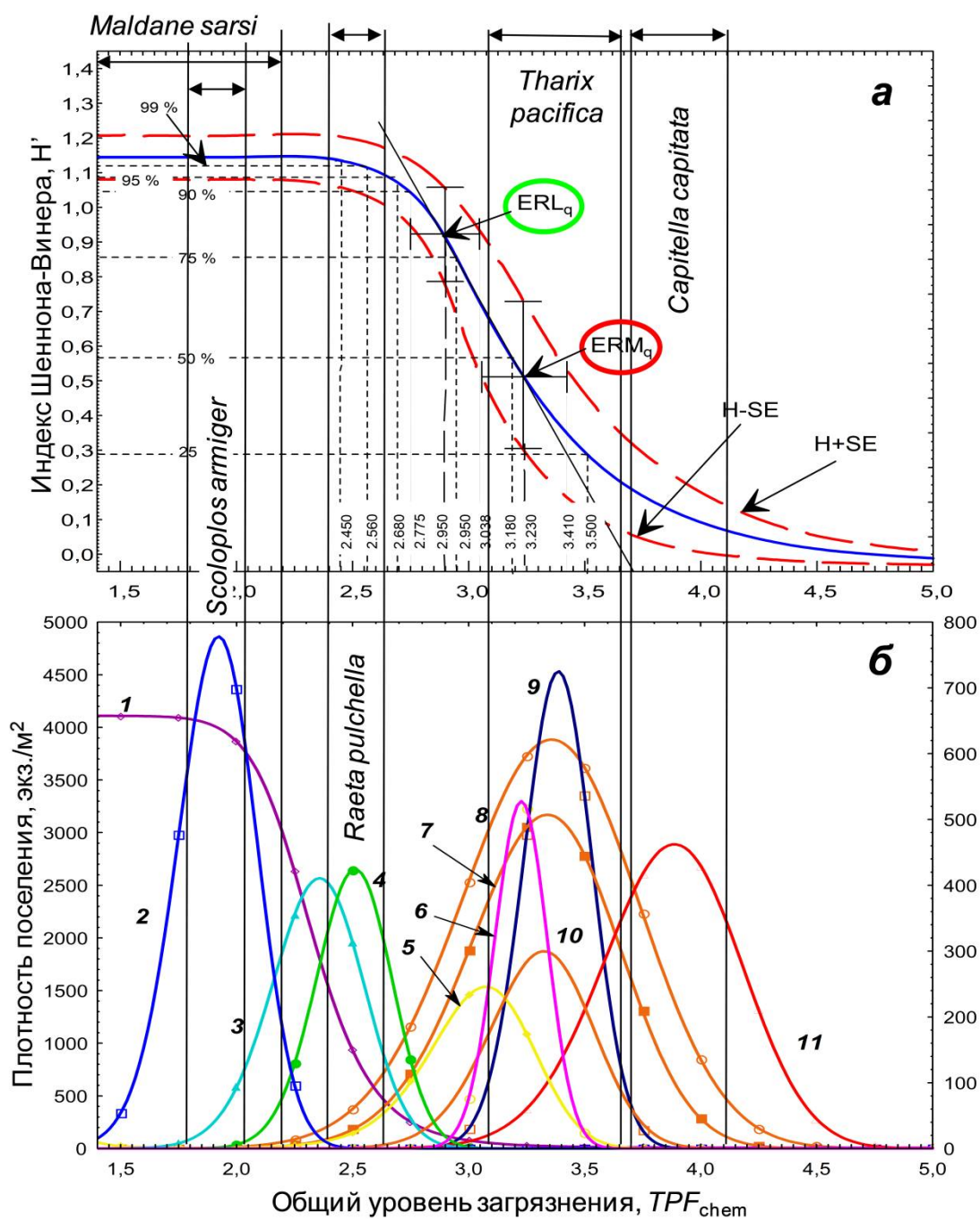
Общие правила Евросоюза, касающиеся экологического качества различных водоемов, сформулированы в Рамочной Директиве по водным ресурсам (Water Framework Directive – WFD) и Рамочной Директиве ЕС о морской стратегии (Marine Strategy Framework Directive – MSFD) [1–3]. Экологическая концепция обеих директив очень проста и состоит в сравнении текущего состояния какой-либо акватории с ее статусом при минимальном или постоянном хозяйственном использовании, а при деградации условий – вмешательстве в ситуацию для минимизации ущерба [4]. В WFD и MSFD существует множество индикаторов, целевых значений и подходов к установлению эталонов, определяющих само понятие «хорошего экологического статуса» или «хорошего состояния среды». Одними из основных «инструментов», при помощи которых определяется состояние морской среды и донного населения являются индексы *AMBI* и *M-AMBI* (AZTI Marine Biotic Index и Multivariate AZTI Marine Biotic Index).

Первый из этих индексов определяется по сумме удельных плотностей пяти групп видов, по-разному относящихся к содержанию органического углерода в донных отложениях ($C_{орг.}$), второй – на основе процедуры факторного анализа с использованием индексов *AMBI*, видового богатства Маргалефа и разнообразия Шеннона-Винера [5–7]. Для их вычисления существует программное обеспечение, свободно распространяемое в интернете [8]. При этом авторы этих показателей считают адекватными градиенты эвтрофикации и загрязнения, хотя нигде не акцентируют на этом внимания. Подробное описание этих индексов и их адаптация к условиям залива Петра Великого приведены в соответствующем отчете ДВНИГМИ, а в более кратком – в публикации авторов, принятой к печати [9, 10].

В то же время наши многочисленные наблюдения показывают, что схемы распределения величин показателей, характеризующих эвтрофикацию и химическое загрязнение, похожи, но отнюдь не идентичны. Например, коэффициент детерминации у содержания $C_{орг.}$ в грунтах и уровня их химического загрязнения (индекс TPF , см. далее) без выбраковки составляет всего около 70 % [11]. Более того, в настоящее время эвтрофикация и загрязнение обусловлено действием разных факторов: для первой это терригенный сток, для второго – сток индустриальный, включая эоловый разнос и пр., что доказано на основе применения конфирматорного факторного анализа и, следовательно, является значимым с позиций статистики [12, 13].

Для характеристики общего уровня химического загрязнения авторами был предложен индекс TPF_{chem} (Total Pollutant Factor), представляющий собой среднюю величину суммы ранжированных концентраций углеводородов, фенолов, свинца, меди и ДДТ (ln -масштаб, 5 рангов) [14]. Эти элементы и соединения относятся к приоритетным ЗВ, а их набор для залива Петра Великого был определен методами факторного анализа. В 2009 г. авторы показали [15], что виды донной макрофауны постепенно сменяют друг друга вдоль градиента TPF_{chem} , образуя своеобразный ряд, в котором каждый из них максимально обилен при конкретном уровне загрязнения грунтов; заканчивают этот ряд виды-оппортунисты 1-го порядка (самые загрязненные участки акваторий) (рисунок 1).

В этом ряду полихета *Tharyx pacifica* (в настоящее время и далее по тексту – *Aphelochaeta pacifica*) и форонида *Phoronopsis harmeri* являются позитивными, а многощетинковый червь *Maldane sarsi* – негативным индикатором загрязнения. Другие виды – полихеты *Scoloplos armiger*, *Schistomeringos japonica*, *Dipolydora cardalia*, двустворчатые моллюски *Axinopsida subquadrata*, *Alveinus ojanus*, *Raeta pulchella*, гастропода *Thapsiella plicosa* – также могут рассматриваться как индикаторы загрязнения, но в отличие от *A. pacifica*, *Ph. harmeri* и *M. sarsi*, не его максимального и минимального, а промежуточных для этой акватории уровней. При более высокой степени антропогенного воздействия, например в бухтах Золотой Рог, *A. pacifica* и *Ph. harmeri* исчезают, уступая место другому виду полихет *Capitella capitata*, который является индикатором еще более суровых условий (рисунок 1). Следовательно, присутствие и/или максимальная численность того или иного вида-индикатора говорит о совершенно определенном экологическом статусе макрозообентоса. На основе этой закономерности была разработана шкала (номограмма), позволяющая довольно эффективно определять общий уровень химического загрязнения и состояние морской среды (таблица 1, рисунок 2).



SE – стандартная ошибка, ERL_q и ERM_q – нижняя и верхняя границы области прогрессивной деградации; 1 – *M. sarsi*, 2 – *S. armiger*, 3 – *A. subquadrata*, 4 – *R. pulchella*, 5 – *A. ojanus*, 6 – *T. plicosa*, 7 – *Sch. japonica*, 8 – *A. pacifica*, 9 – *Ph. harmeri*, 10 – *D. cardalia*, 11 – *C. capitata*. Плотности видов 5, 6, 8, 9, 10 отложены по основной оси ординат, остальных – по дополнительной. У видов 1, 2, 4, 8, 11 показаны диапазоны TPF_{chem} для 75 % плотности поселения (по [15])

Рисунок 1 – Зависимость индекса Шеннона-Винера от TPF_{chem} (a) и изменения плотности поселения некоторых видов вдоль его градиента (б)

Например, плотность поселения *M. sarsi*, составляющая 500 экз./м² и более, означает, что уровень загрязнения грунтов (и среды в целом) не высок ($TPF < 2,2$), а экологическое состояние сообществ бентоса вполне удовлетворительное, хотя в них и могут происходить скрытые изменения обилия каких-либо животных и видового состава. О

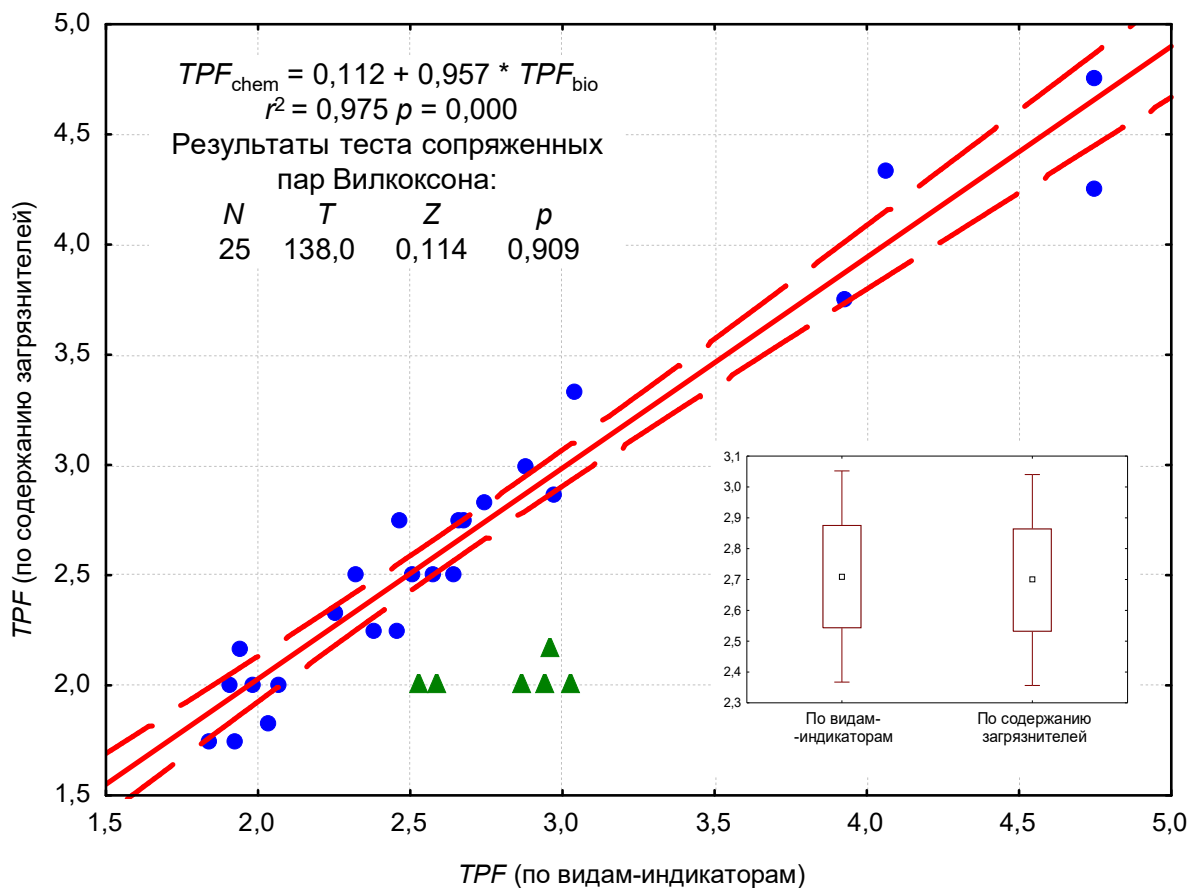
таких изменениях говорят вариации численности других видов-индикаторов, происходящие в этом диапазоне TPF и, в частности, *S. armiger* и *A. subquadrata*. Большая численность *R. pulchella* будет свидетельствовать о проявлении начальных (пороговых) откликов сообществ, а *A. ojanus* – указывать на начало их прогрессивной деградации. Высокие численности *Sch. japonica*, *D. cardalia* и положительных индикаторов загрязнения – *A. pacifica* и *Ph. harmeri* говорят уже о серьезных нарушениях – выраженной прогрессивной деградации сообществ, а большая плотность поселения *C. capitata* – об их полной деградации.

Таблица 1 – Номограмма для определения уровня загрязнения и экологического состояния бентосных сообществ по плотности поселения некоторых видов макрозообентоса (по [15])

Вид	75% плотность поселения (экз.·м ⁻²)	Диапазон TPF	\overline{TPF}	Экологическое состояние донного населения (уровень загрязнения грунтов в баллах)
<i>Maldane sarsi</i>	493	<2,185	1,843	Норма или отклик носит скрытый характер (I)
<i>Scoloplos armiger</i>	580	1,790-2,050	1,920	
<i>Axinopsida subquadrata</i>	301	2,200-2,510	2,355	
<i>Raeta pulchella</i>	318	2,384-2,633	2,509	Начальные изменения (II)
<i>Alveinus ojanus</i>	1298	2,898-3,239	3,069	Начало прогрессивной деградации (III)
<i>Aphelochaeta pacifica</i>	2904	3,063-3,645	3,354	Прогрессивная деградация (IV)
<i>Schistomeringos japonica</i>	377	3,088-3,580	3,334	
<i>Thapsiela plicosa</i>	2481	3,140-3,313	3,227	
<i>Dipolydora cardalia</i>	1406	3,151-3,490	3,321	
<i>Phoronopsis harmeri</i>	3222	3,272-3,497	3,385	
<i>Capitella capitata</i>	339	3,655-4,110	3,883	Полная деградация (V)
Макрозообентоса нет	–	>4,5	4,75	

Примечание – \overline{TPF} – средняя величина фактора общего загрязнения.

Коэффициент корреляции величин TPF , вычисленных по плотности поселения видов-индикаторов и по концентрациям ЗВ, оказался близким к единице (рисунок 2). Результаты теста сопряженных пар Вилкоксона показали высокую вероятность справедливости гипотезы об отсутствии сдвига распределений величин этих параметров относительно друг друга. Таким образом, верификация шкалы (по данным съемок разных лет), разработанной для определения уровня загрязнения по численности видов-индикаторов, свидетельствует о возможности применения этого подхода как экспресс-метода при определении степени антропогенного воздействия на прибрежные экосистемы. Однако при интерпретации полученных с его помощью данных следует быть осторожным и учитывать возможные проявления сезонной, географической и др. изменчивостей исходных величин численностей видов зообентоса. Кроме того, особое внимание привлекает «выпадение» станций с песчаными грунтами из общей регрессии – по сравнению с TPF_{bio} величины TPF_{chem} выглядят явно заниженными.



N – число станций; r – коэффициент корреляции; p – вероятность справедливости гипотез об отсутствии сдвига распределений и $r=0$; T – значение критерия Вилкоксона; Z – его приближенная нормальная аппроксимация, треугольниками отмечены выбракованные данные (песчаные отложения), сплошная линия – регрессия, штриховая – 95 %-ая доверительная граница (по [15])

Рисунок 2 – Соответствие величин TPF , вычисленных по плотности поселения видов-индикаторов и по концентрациям поллютантов в донных отложениях в 2001

В то же время предложенный метод имеет целый ряд недостатков, что воспрепятствовало его внедрению в практику экологического мониторинга. К основным из них относятся:

- Малое число выявленных видов-индикаторов (11) – в достаточном количестве (не менее трех, что связано с формой кривых отклика, см. далее) они присутствуют далеко не во всех пробах;

- Включение в вычисления крайне изменчивого параметра – плотности поселения, и описание ее распределения, главным образом, колоколообразными функциями, для которых одна и та же плотность может соответствовать разным значениям TPF_{chem} .

К настоящему времени авторами накоплен обширный материал, включающий результаты измерений концентраций приоритетных ЗВ и наблюдений над видовым составом донной фауны. Кроме того, в 2008 г., примерно в момент сдачи нашей работы [15] в печать, для всеобщего использования были представлены модели логистической

регрессии Хаусмана-Олфа-Фреско (НОФ, позднее eНОФ), специально созданные для описания кривых отклика (КО) видов животных и растений вдоль градиента факторов среды. Эти модели позволяют получать разнообразные КО, включая как симметричные, которые традиционно используются в экологии, так и асимметричные (см. раздел 1.3).

Цель работы — разработать метод, позволяющий количественно оценить степень химического загрязнения морской среды с использованием макрозообентоса на примере залива Петра Великого Японского моря. Для ее достижения необходимо решить пять основных задач:

- 1) Систематизировать данные по содержанию ЗВ в осадках и видовому составу макрозообентоса за период с 1986–2019 гг.;
- 2) Выбрать виды макрозообентоса, перспективные для биоиндикации загрязнения (по частоте встречаемости и показателям обилия);
- 3) Исследовать распределение этих видов вдоль градиента загрязнения при помощи моделей eНОФ и выделить параметры, наиболее перспективные для построения индекса TPF_{bio} ;
- 4) Разработать шкалу (номограмму) для определения уровня химического загрязнения осадков по индексу TPF_{bio} ;
- 5) Выполнить необходимые аналитические процедуры для проверки работоспособности этой шкалы, включая введение различных поправок, в частности, для гранулометрического состава донных отложения.

1 Материалы и методы

1.1 Используемые материалы, отбор, обработка проб и анализ данных

Материалом для анализа являются результаты съемок ФГБУ «ДВНИГМИ» и ННЦМБ «ИБМ ДВО РАН» (1992, 1993, 1996, 2001, 2005, 2006, 2007, 2016, 2018 и 2019 гг.) в заливе Петра Великого. Это акватория к северу от устья реки Туманной*, заливы Посьета, Стрелок, Амурский и Уссурийский, пролив Босфор Восточный, бухты Рифовая, Золотой Рог и Диомид, а также данные для отдельных станций, опробованных в этом районе до 1990 г. (всего 271 станция) (рисунок 1.1, 1.2). Пробы грунта отбирали дночерпателем Ван-Вина (0,11 м², 1–4 пробы); на каждой станции часть верхнего слоя осадков (2–3 см) одной из проб замораживали для последующего измерения концентраций ЗВ, $C_{орг.}$ и определения гранулометрического состава. Для биологического анализа грунт промывали на сите с ячейей 1 мм и фиксировали макробентос 4 % буферным раствором формальдегида.

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 [16]. Содержание $C_{орг.}$ анализировали методом окисления смесью $K_2Cr_2O_7 - H_2SO_4$ с колориметрическим окончанием в ННЦМБ «ИБМ ДВО РАН» [17, 18]. Гранулометрический состав определяли комбинацией ситового метода и метода А-22 в ФГБУН «ТОИ ДВО РАН» [19, 20]. 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 м² площади дна. В работе использованы встречаемость и плотность поселения видов (или более крупных таксонов) донных животных.

Общий уровень загрязнения характеризовали индексом:

$$TPF = (УВ + ФЕ + Pb + Cu + \Sigma ДДТ) / 5 \quad (1.1)$$

где УВ, ФЕ, Pb, Cu и $\Sigma ДДТ$ – 5-ранговые оценки (*ln*-масштаб) содержания углеводов, фенолов, свинца, меди, суммы ДДТ и его метаболитов [14]. Степень антропогенного нарушения бентоса оценивали методом, который основан на зависимости

*Далее – притуманганская акватория: Туманган – корейское название реки Туманной.

изменений индекса Шеннона-Винера для двустворчатых моллюсков (H_b') от TPF [15, 21]. 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' .

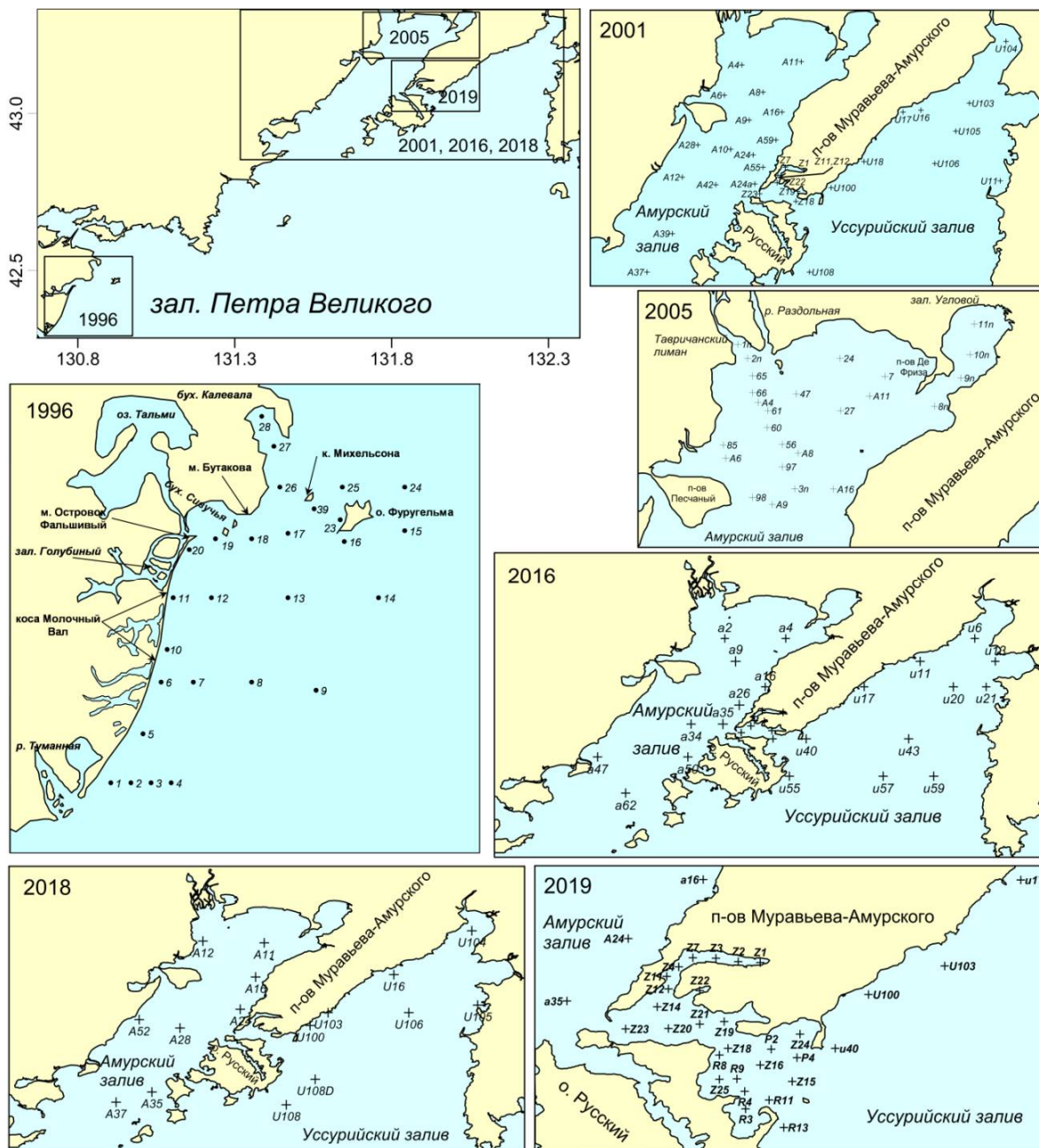


Рисунок 1.1 – Районы работ на акватории зал. Петра Великого в разные годы

1.2 Статистический анализ и алгоритм вычислительных процедур

Для описания распределения видов вдоль градиента концентраций градиента загрязнения использовали иерархические модели логистической регрессии Хаусмана-Олфа-Фреско (HOF), реализованные в модуле eHOF статистической среды R [22–25]. 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 [26]. Основное отличие этого подхода от других моделей – обобщенных линейных и аддитивных, сверхниши и т. п. – состоит в наличии в уравнениях максимально возможной величины обилия – параметра M (таблица 1.1).

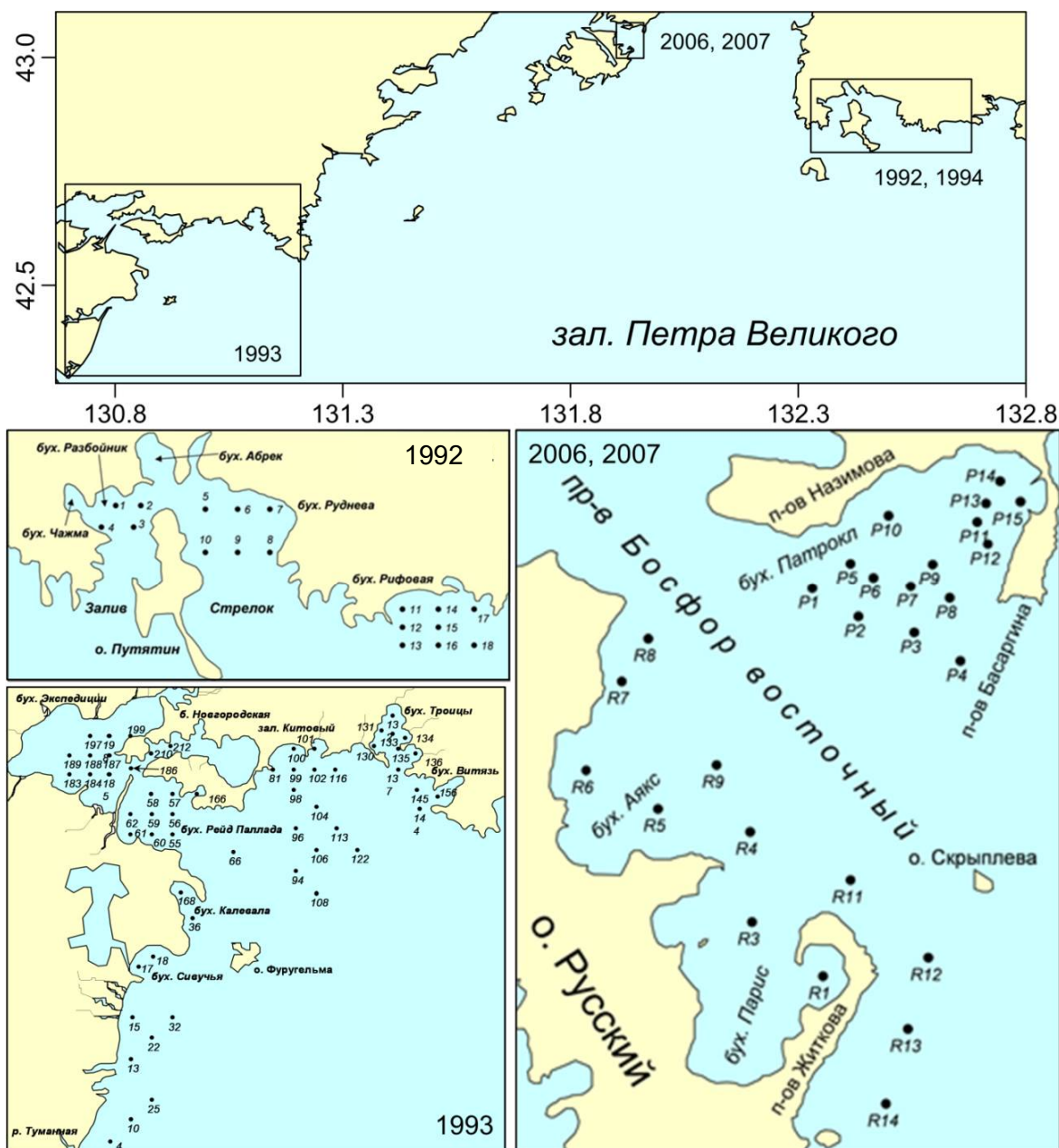


Рисунок 1.2 – Районы работ на акватории зал. Петра Великого в разные годы

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 оценок стандартных отклонений и 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 (ширина внешней и внутренней ниш, положение оптимума и субоптимумов, 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).

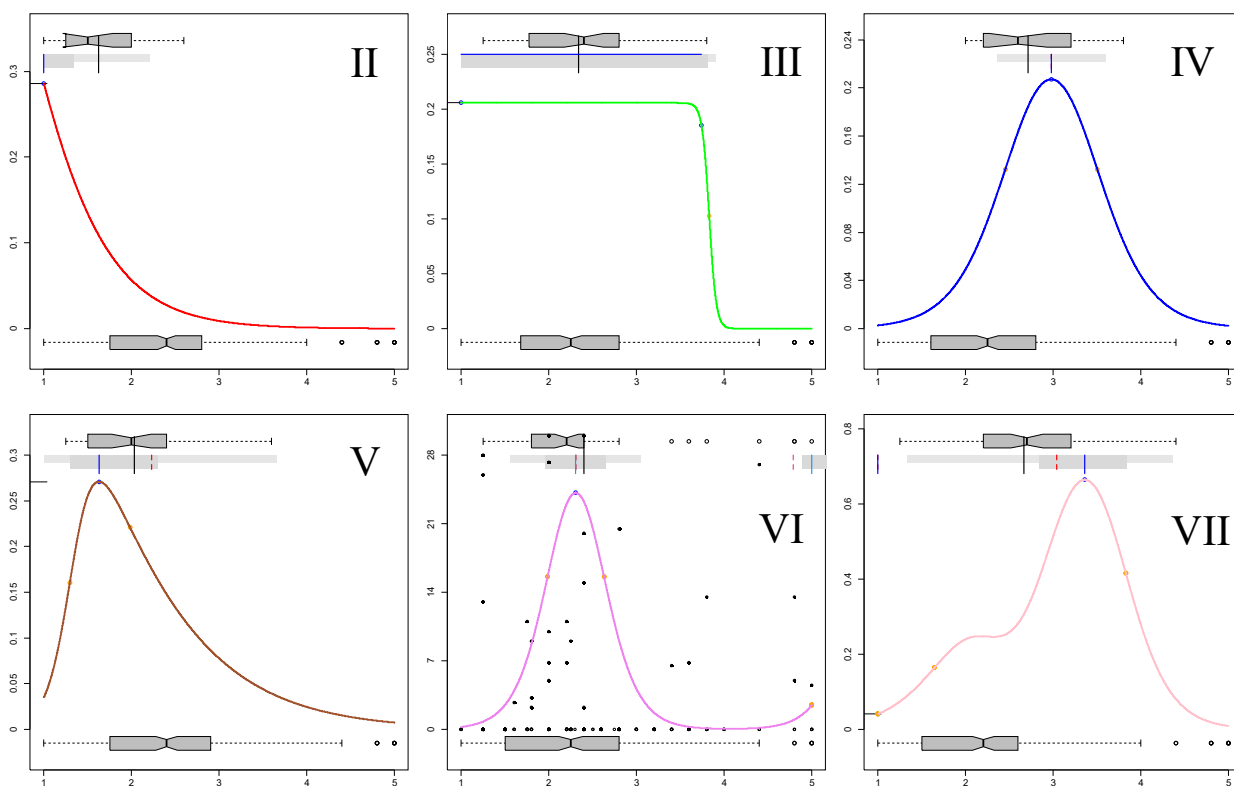
К сожалению, у этих моделей есть один существенный недостаток – в выборке у вида должно присутствовать как минимум 10 ненулевых значений. В нашем случае, такое ограничение ведет к существенному, почти четырехкратному, сокращению числа видов (примерно 25 %), чей отклик было бы возможно смоделировать. Поэтому, для видов, найденных на 5–9 станциях, в выборку с помощью генератора случайных чисел внутри диапазона встречаемости были добавлены значения 0,1 % (для частоты встречаемости – 1). Это увеличило число «охваченных» моделированием видов до 40 %.

Расчеты выполняли при помощи следующего алгоритма (на компьютере должна быть установлена среда R и ее необходимые модули [27]).

1. Открываем модули (в последних версиях R файлы Excel легко открываются при помощи интерфейса Rcmdr):

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

```
library(eHOF) (1.3)
```



Ось абсцисс – фактор, ось ординат – характеристика обилия; дополнительная информация в тексте

Рисунок 1.3 – Возможные модели распределения видов вдоль градиента фактора среды, получаемые в модуле eHOF (II–VII, модель I типа – прямая горизонтальная линия – не показана)

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 или Stations в нашем примере); подготовленные данные в формате Excel показаны на рисунке 1.4.

3. Затем можно проверить то, что получилось:

```
fix(A) (1.6)
```

*Чтобы команда (1.4) 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	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	Station	Point	Depth	AP	Corg	TPF	Acila insignis	Actinaria fam. gen. sp.	Alveinus ojanus	Ampelisca macrocephala	Ampharete acutifrons	Ampharete sibirica	Ampharete sp.	Ampharetidae gen. sp.	Amphiodia fissa	Amphiodia penetrata	Amphipoda fam. gen. sp.	Anisocorbula venusta	Anonyx sp.	Aphelochaeta pacifica
1																				
2	93-10s	P10	18	25.8	1.10	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
3	93-13s	P13	17	25.8	1.10	1.00	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	56	0	0	0
4	93-144s	P144	33	16.3	0.81	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	403	0	0	0	0	0
5	96-5s	T5	11	2.4	0.10	1.00	0	0	0	0	0	0	0	5	9	0	0	0	0	0
6	92-12s	R12	22	71.9	2.42	1.25	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0
7	92-14s	R14	12	16.3	0.81	1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	92-15s	R15	28	16.3	0.81	1.25	0	0	0	0	0	300	0	0	0	0	0	0	0	15
9	92-2s	S2	11	71.9	2.42	1.25	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	20
10	92-6s	S6	12	25.8	1.10	1.25	132	0	0	0	0	110	0	0	0	0	0	0	0	0
11	93-102s	P102	27	98.5	3.10	1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0
12	93-116s	P116	32	98.5	3.10	1.25	0	0	39	0	0	39	0	0	13	0	0	0	0	0
13	93-122s	P122	40	16.3	0.81	1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	130	0	0	0	0	0
14	93-15s	P15	15	25.8	1.10	1.25	98	0	0	0	0	0	0	14	56	0	0	0	0	42
15	93-17s	P17	7	25.8	1.10	1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	93-36s	P36	15	25.8	1.10	1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	93-4s	P4	24	25.8	1.10	1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	26
18	93-61s	P61	5	25.8	1.10	1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	28	0	0	0
19	93-62s	P62	8	25.8	1.10	1.25	26	0	0	0	0	52	0	0	78	0	0	0	0	0
20	93-81s	P81	10	11.7	0.67	1.25	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	93-98s	P98	28	25.8	1.10	1.25	13	0	13	0	0	0	26	0	65	0	26	0	0	26
22	93-99s	P99	23	25.8	1.10	1.25	0	0	22	0	0	0	0	0	286	0.1	44	0	0	0
23	96-1s	T1	10	13.7	1.02	1.25	0	3	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0
24	96-10s	T10	11	6.7	0.08	1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	96-11s	T11	9	2.2	0.20	1.25	3	0	0	0	0	0	7	0	13	0	0	0	7	0

Желтым цветом выделены «добавленные» плотности (всего 212 таксонов с реальной встречаемостью >5 раз), AP – содержание алевропелитов, TPF – уровень химического загрязнения (усл. ед.)

Рисунок 1.4 – Пример данных в формате Excel: фрагмент скорректированной видовой матрицы (плотность поселения), подготовленной для вычислений кривых отклика при помощи алгоритма eNOF

4. «Прикрепляем» наши данные:

$$\text{attach}(A) \quad (1.7)$$

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

$$\text{plot}(A\$TPF, \text{название вида}) \quad (1.8)$$

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

6. Выбираем один или несколько видов:

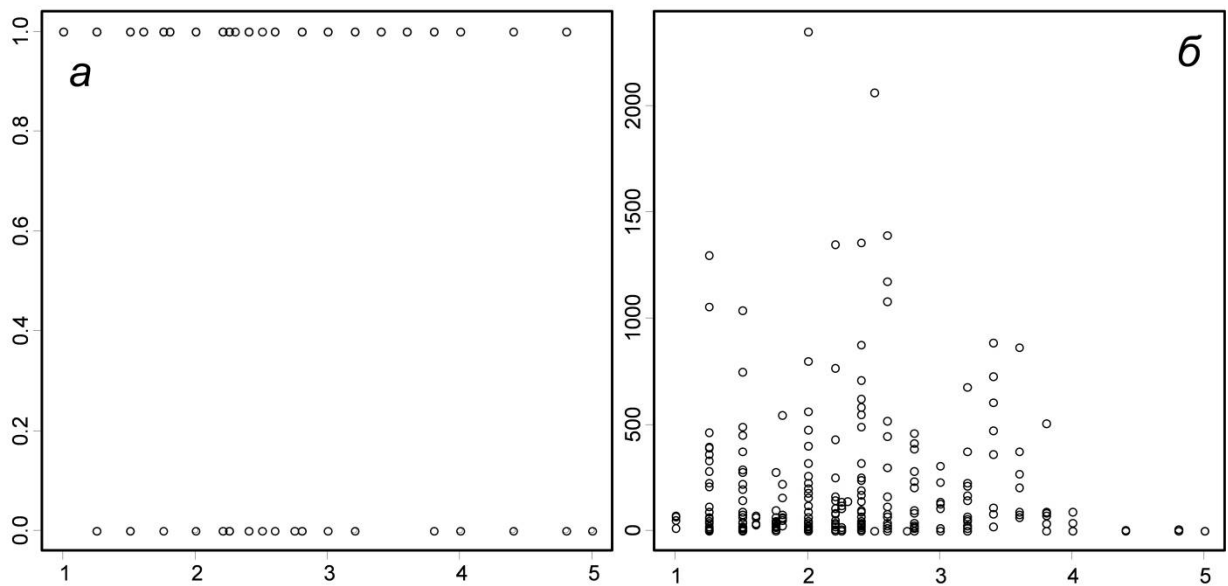
$$\text{sel} <- \text{c}(\text{'название вида'}) \quad (1.9)$$

$$\text{sel} <- \text{c}(\text{'название вида 1'}, \dots, \text{'название вида n'}) \quad (1.10)$$

7. Выполняем моделирование:

$$\text{mods} <- \text{HOF}(A[\text{match}(\text{sel}, \text{names}(A))], A\$TPF, M=\text{max}, \text{family}=\text{gaussian}, \text{bootstrap}=\text{NULL}) \quad (1.11)$$

$$\text{mods} <- \text{HOF}(A[\text{match}(\text{sel}, \text{names}(A))], A\$TPF, M=1, \text{family}=\text{binomial}, \text{bootstrap}=\text{NULL}) \quad (1.12)$$



Оси абсцисс и ординат – соответственно общий уровень загрязнения (TPF_{chem} , усл. ед.), встречаемость и плотность поселения (экз./м²). Для встречаемости параметр M равен единице, для плотности, в данном случае – 2800
 Рисунок 1.5 – Пример выполнения команды (1.8) для частоты встречаемости и плотности поселения (*a* и *б*)

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 (1.13)

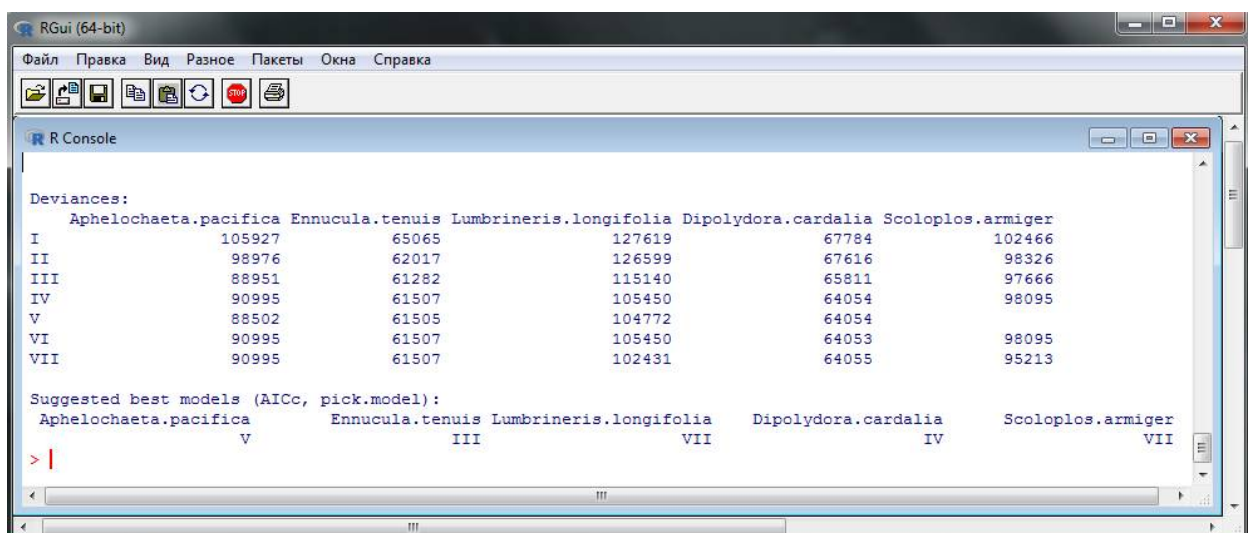


Рисунок 1.6 – Пример выполнения команды (1.13) для пяти видов макрозообентоса

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

```
plot(mods, para=TRUE, onlybest=TRUE,
      lwd=3, y1=c(0,0.75))
```

 (1.14)

```
plot(mods, para=TRUE, onlybest=FALSE,
      lwd=3, y1=c(0,0.75))
```

 (1.15)

где `lwd` – толщина кривой отклика, `y1` – диапазон изменения оси ординат (по умолчанию – `c(0, 1)`). Естественно, здесь можно «настроить» рисунок с большей детализацией (см. [27]).

10. Формируем таблицу с параметрами модели:

```
ddd <- Para(mods); ddd
```

 (1.16)

```
df1 <- data.frame(matrix(unlist(ddd), nrow=length(ddd),
                          byrow=T)); df1
```

 (1.17)

```
write.table(df1, "d:/Папка/Файл.txt", sep="\t", col.names=TRUE,
            row.names=TRUE, quote=TRUE, na="NA")
```

 (1.18)

Выводимый файл может быть в формате Excel, но можно его и не создавать, а поместить полученные параметры модели в буфер обмена (подробнее см. [27]). Предварительно, имеется возможность просмотреть и даже отредактировать параметры; последнее в формате R-статистики является весьма трудоемким процессом (рисунок 1.7):

```
fix(ddd)
```

 (1.19)

```
editDataset(df1)
```

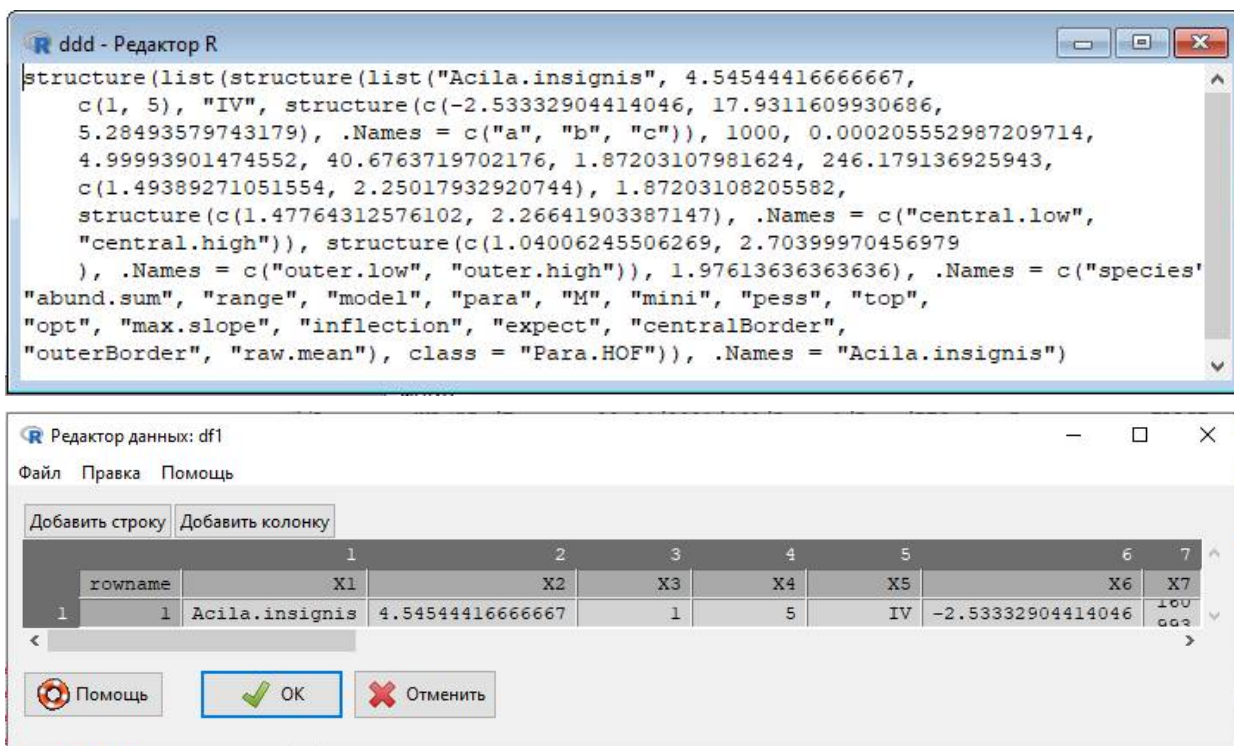
 (1.20)


Рисунок 1.7 – Пример выполнения команд (1.19) и (1.20), где X1–X7 на нижнем рисунке – названия параметров модели, приведенные на верхнем

Для классификации видов и таксонов более крупного ранга по отношению к уровню загрязнения применяли процедуру, основанную на теории нечетких множеств (метрика — эвклидово расстояние) [28]. Этот метод использует коэффициент разделения Данна и предполагает, что каждый объект принадлежит к нескольким кластерам сразу, но «притягивается» к ним с разной силой [26]. Предварительно, для определения приблизительного количества групп, использовали различные варианты кластерного анализа — методы Варда, одиночной и полной связи, метрики — эвклидово расстояние и его квадрат, манхэттенское расстояние, коэффициент корреляции [29]. Статистическую значимость разбиения на группы оценивали на основе пермутационного теста ANOSIM с вычислением общей статистики R (нулевая гипотеза H_0 — агломерация отсутствует) [30]. Кроме того, в работе использован линейный регрессионный анализ и нелинейное оценивание, с вычислением коэффициента корреляции (r), параметров регрессии (b_i) и их статистической оценкой (ANOVA и проверка нулевой гипотезы $H_0: r=0$ — влияние фактора «модель» отсутствует, $b_i=0$) [31]. Нелинейное оценивание производили последовательным применением (по необходимости, если предыдущий вариант не давал решения) алгоритмов Квази-Ньютона, Симплекс, Хука-Дживза или Розенброка (предварительное вычисление коэффициентов модели), Гаусса-Ньютона или Левенберга-Марквардта (статистическая оценка коэффициентов и дисперсионный анализ) и на последнем этапе — при помощи процедуры рандомизации сигмоидальной функции (подробно — см. [11]).

Для проверки данных на соответствие нормальному распределению и равенству внутригрупповых дисперсий (гомоскедастичности) применяли тесты Шапиро-Уилка и Левене, а для трансформации результатов наблюдений — алгоритм Бокса-Кокса [32, 33]. Так как все попытки трансформации оказались безуспешными, при сравнении выборок были использованы непараметрические аналоги однофакторного дисперсионного анализа и t -критерия — тесты Крускала-Уоллиса и Манна-Уитни (проверяются нулевые гипотезы H_0 — влияние фактора не приводит к сдвигу распределений относительно друг друга и два распределения величин неких характеристик идентичны). Ковариационный анализ (ANCOVA) был выполнен при помощи обобщенных линейных моделей, которые не требуют «нормальности» и гомоскедастичности данных, т.к. не используют метод наименьших квадратов [27, 33].

2 Распределение видов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения в заливе Петра Великого, выбор параметров и построение индекса TPF_{bio}

В период работ (1986–2019 гг.) на исследованных акваториях залива Петра Великого было найдено 559 видов и таксонов более высокого ранга макрозообентоса. Абсолютная встречаемость в пять раз и более наблюдалась у 212 представителей донной фауны. Для встречаемости и плотности поселения этих животных были получены 424 кривые отклика, причем в обоих случаях преобладали модели четвертого типа – классические для экологии симметричные колоколообразные функции с одним оптимумом, двумя субоптимумами и пессимумами (рисунок 2.1). Для плотности вторыми по частоте появления были асимметричные КО пятого типа, третьими – двухвершинные седьмого типа, затем – по убывающей – модели третьего, второго, первого и шестого типов. У встречаемости КО второго, третьего и пятого типов наблюдались примерно с равной частотой, за ними следовали первые и седьмые модели, КО шестого типа отмечены не были. Кривые отклика всех изученных таксонов, а так же основные параметры и характеристики моделей приведены в Приложении А (рисунки А.1–А.30, таблицы А.1 и А.2).

Всего модели первого типа были обнаружены у 20 таксонов донных животных (у пяти по плотности и у 17 – по встречаемости; по обоим показателям – у полихеты *Ampharete acutifrons* и гребешка *Mizuhopecten yessoensis*). Таким образом, непригодными для дальнейшего анализа оказались 22 модели и, в результате, были использованы КО 207 таксонов макрозообентоса по плотности поселения и 195 – по встречаемости.

Кривые отклика II–VII типов по форме весьма разнообразны. Даже классические колоколообразные КО (модели IV типа) могут быть сильно лево или право асимметричными, причем до такой степени, что соответствующая точка, отделяющая области оптимума и субоптимума (левая или правая), отсутствует. У моделей III и V типов смещение точки оптимума вдоль градиента TPF_{chem} иногда приводит к такой форме КО, которая могла бы быть описана моделью II типа (рисунок 2.1).

Наиболее разнообразными по своей форме являются модели шестого и, особенно седьмого типа (рисунок 2.1). Среди этих КО (в нашем случае) можно выделить следующие варианты:

- 1) Выражен только один пик как у моделей IV и V типов;
- 2) Дополнительный пик имеется, но скорее всего он возникает из-за специфики данных;
- 3) Модель имеет форму КО II типа и, соответственно, одну вершину;
- 4) Модель близка по форме к КО III типа;

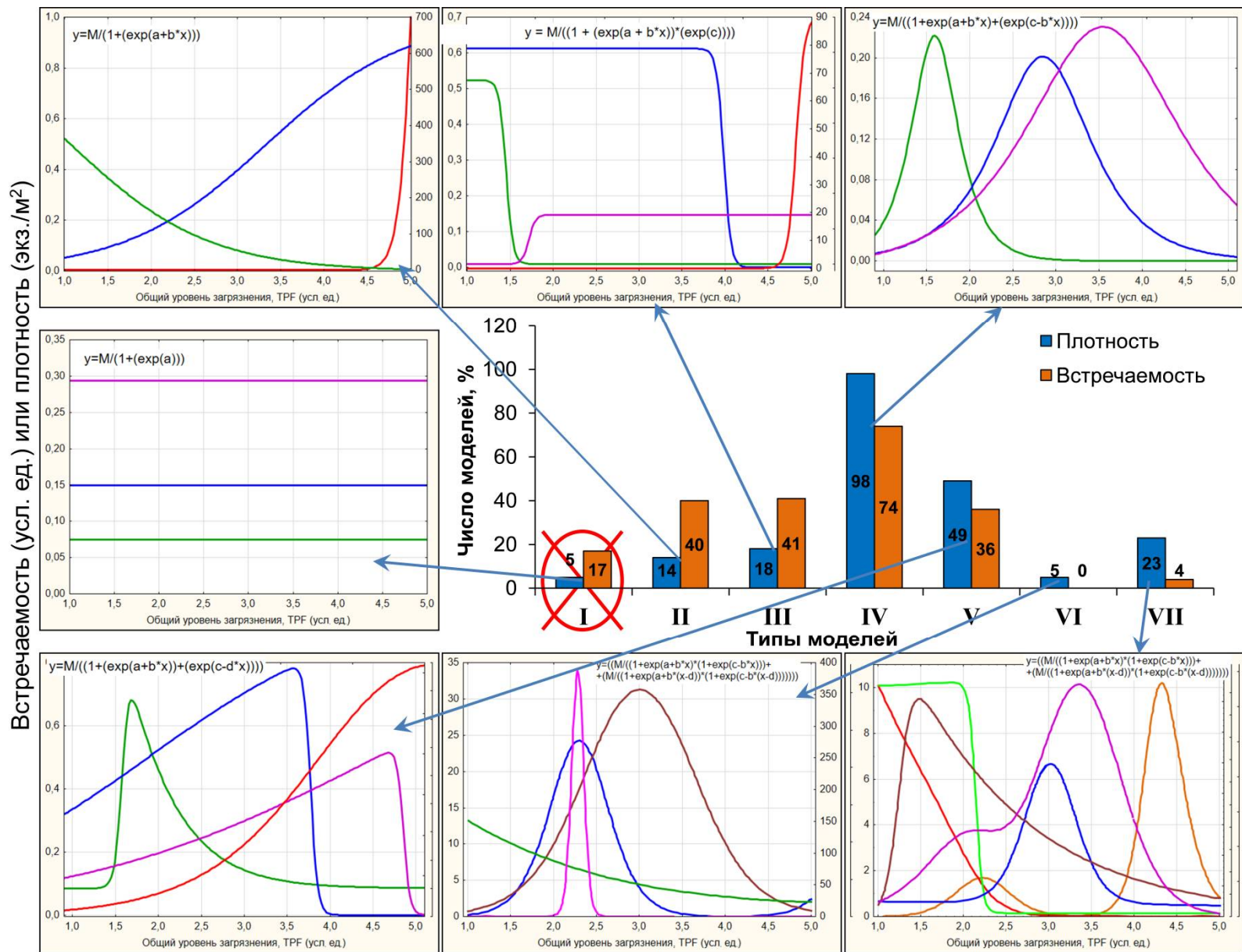


Рисунок 2.1 – Доля и количество полученных моделей – кривых отклика – для плотности поселения и встречаемости видов и таксонов более высокого ранга макрозообентоса

- 5) Слабый дополнительный пик или он «слит» с основным;
- 6) Отчетливый дополнительный пик, хотя и существенно мене выраженный, чем основной.

По встречаемости (только VII тип моделей) распределение морской звезды *Asterias amurensis* и амфиподы *Protomedeia* sp. вдоль градиента загрязнения представлено вторым вариантом КО, полихет *Phyllodoce groenlandica* и *D. cardalia* – соответственно четвертым и пятым. Среди КО для плотности наиболее часто встречается второй вариант, причем чаще всего дополнительный пик приходится либо на начало, либо конец диапазона TPF_{chem} , что делает эти модели почти идентичными по форме таковым первого варианта. Это КО все того же *A. amurensis*, представителей семейств многощетинковых червей Capitellidae и Phyllodocidae и других полихет – *D. cardalia*, *Eteone bistrata*, *Eulalia bilineata*, *Glycera* sp., *Harmothoe* sp., *Magelona pacifica*, *Nephtys caeca*, *Nephtys* sp., *Pherusa plumosa*, двустворчатых моллюсков *Ennucula tenuis* и *Theora lubrica*, змеехвосток *Ophiura sarsii*, приапулид *Priapululus caudatus* (все модели VII типа).

К чисто первому варианту (плотность) относятся КО бивалвий *Acila insignis* (VII тип модели) и *Arcuatula senhousia* (VI), кумовых раков *Diastylis alaskensis* (VII), полихет *Lumbrineris japonica* (VI), *Magelona longicornis*, *Melinna elisabethae* (у обоих видов VII тип), форониды *Ph. harmeri* (VI). К третьему – КО *A. subquadrata* (VI), к четвертому – бивалвий *Mya arenaria* и многощетинковых червей *Pectinaria* sp., к пятому – гастропод *Philinopsis giglioli*, к шестому – полихет *Nereis* sp. (у всех VII тип модели). Лишь у КО последнего вида дополнительный пик был по настоящему отчетливым, причем его возникновению имеется четкое объяснение.

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 эвтрофированной из исследованных акваторий – бухты Золотой Рог. Однако наши материалы включают сборы и из других, гораздо более чистых районов залива Петра Великого, причем разных лет и обработанных специалистами разных научных учреждений. Нерейсы – весьма представительны в районе исследований и не исключено, что по каким-то причинам под видом *Nereis* sp. были идентифицированы другие его представители (например, молодь какого-либо вида), совершенно по-иному откликающиеся на уровень загрязнения. Например, это может быть *Nereis zonata*, оптимум КО которого явно близок таковому дополнительного пика модели распределения *Nereis* sp. (рисунок А.9).

Основными параметрами кривых отклика, которые характеризуют распределение таксона вдоль градиента фактора среды, являются ширина внешней и внутренней ниш, положение оптимума и субоптимумов (рисунок 2.2). Размер ниш характеризует степень

эврибионтности вида (таксона): чем они уже, тем вид более стенобионтен и наоборот. Ширина внешней и внутренней ниш, как для плотности, так и для встречаемости, заметно коррелируют друг с другом (коэффициент детерминации $R^2 = 0,762$ и $0,657$, $p = 0,000$), но форма зависимостей и наклон линий регрессии явно определяется типом модели (рисунок 2.3).

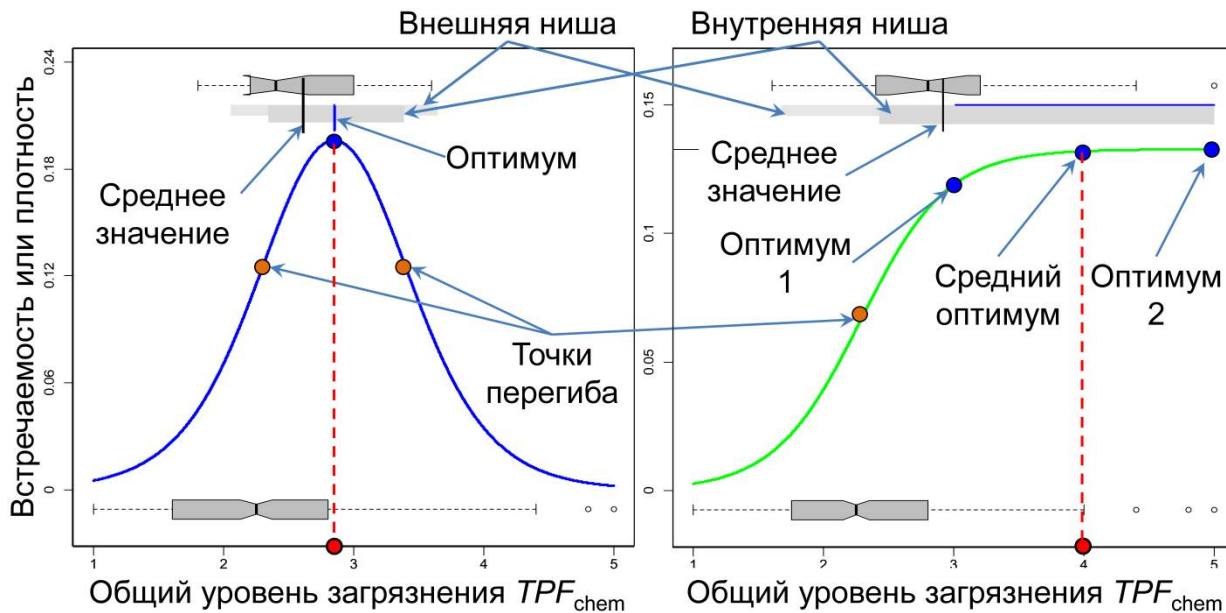
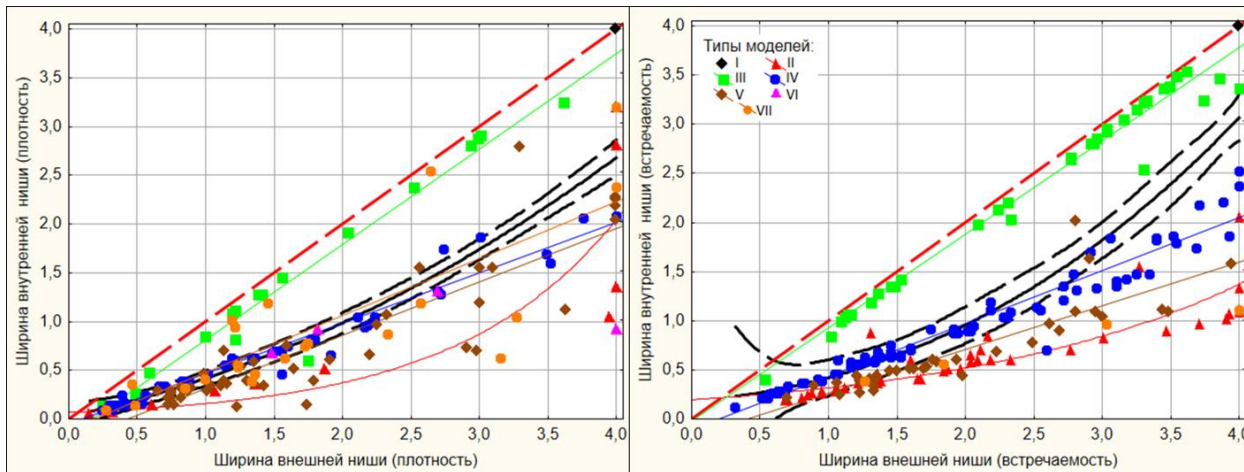


Рисунок 2.2 – Схема анализа кривых отклика и наиболее перспективные показатели



Красная штриховая линия – размеры ниш одинаковы, черные сплошная и штриховая линии – общая регрессия для всех данных с доверительными границами (полином второй степени)

Рисунок 2.3 – Связь ширины внутренней и внешней ниши (усл. ед. TPF_{chem})

Например, соотношение размеров ниш у модели III типа в большинстве случаев близко к единице, а линия регрессии – к таковой для равенства внутренней и внешней ниш; зависимости для КО третьего, четвертого, пятого и седьмого типов явно линейные, а для второго и шестого – экспоненциальные или полиномиальные. Коррелированность размеров ниш отдельно взятых типов моделей обычно больше общей: для моделей II типа R^2 составляет $0,740$ и $0,761$ соответственно для плотности и встречаемости, у III типа – $0,935$ и

0,977, у IV – 0,974 и 0,855, у V – 0,795 и 0,760, у VI – 0,931, у VII – 0,644 и 0,976 ($p < 0,000$). Следует подчеркнуть, что ширина ниш очень слабо, хотя и статистически значимо, коррелирует с абсолютной встречаемостью ($R^2 = 0,108-0,197$, $p < 0,000$), что свидетельствует о принципиальной корректности интерполяции значений перед построением КО «редких» таксонов. В дальнейшем, размеры ниш понадобятся при классификации откликов животных по отношению к общему уровню загрязнения (см. раздел 3).

В контексте настоящего исследования наиболее важными являются следующие параметры (рисунок 2.2):

- 1) «Сырое» среднее значение (raw mean) – среднее от измеренных значений «х», в данном случае TPF_{chem} в пределах диапазона встречаемости таксона по этому параметру;
- 2) Положение оптимума (optimum), т.е. наивысшего отклика вида (максимума модели) в диапазоне TPF_{chem} ;
- 3) Координата области перегиба (inflection) – точка, которой выпуклая часть функции отделяется от вогнутой. В контексте данной работы – это начало области субоптимума.

К сожалению, обе точки перегиба нельзя определить у сильно асимметричных моделей, причем даже IV и V типов – в этих случаях одна из них выпадает из области определения TPF_{chem} . У моделей II и III типов такая точка вообще одна, а у VI и VII – их должно быть по четыре (теоретически). Поэтому сформулировать правило выбора такого параметра для дальнейшего анализа не представляется возможным. Диапазон изменений положения точки «сырого» среднего значения существенно уже, чем у оптимума, что также снижает ценность первого показателя для характеристики распределения таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения, по сравнению со вторым. Поэтому, для построения индекса TPF_{bio} использовали именно координаты точек оптимума плотности поселения и встречаемости (значение TPF_{chem} на которое она приходится)*, при этом для КО, которые описаны моделями VI и VII типа, включали положение оптимума основного экстремума, а для III КО – средний оптимум (рисунок 2.2).

Для каждой станции (пробы) вычисляем:

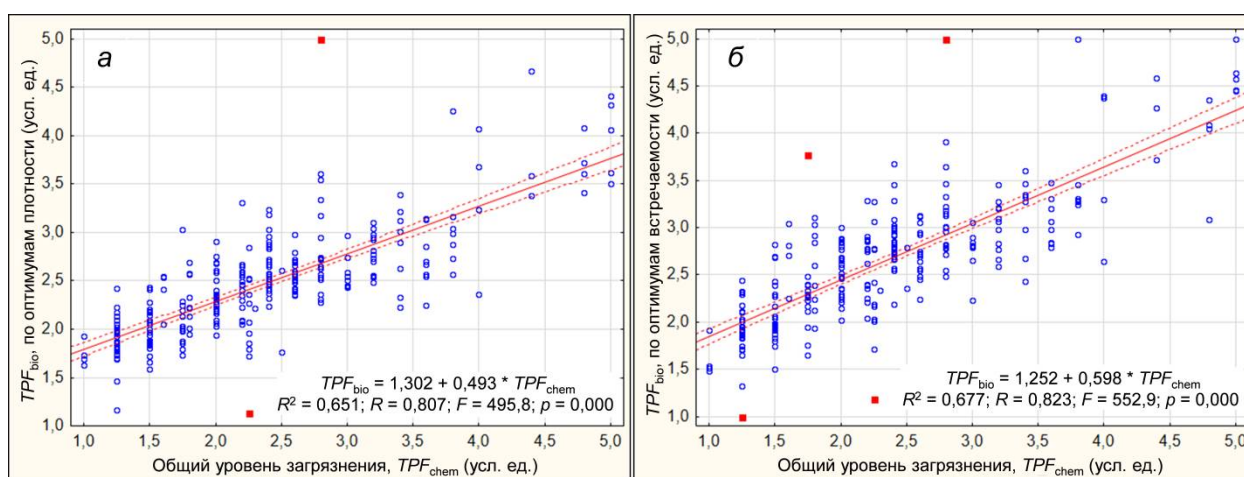
$$TPF_{bio} = (\sum (Opt_i)) / N \quad (2.1)$$

где Opt_i – оптимум по TPF_{chem} для плотности поселения или встречаемости каждого вида;

N – число найденных видов на станции (в пробе).

* «Сырое» среднее значение использовано для классификации таксонов донных животных в следующем разделе.

Результаты регрессионного анализа (предиктор TPF_{chem} , зависимые переменные TPF_{bio} , вычисленные на основе плотности и встречаемости) представлены на рисунке 2.4. Объясненная дисперсия составила соответственно 65,1 и 67,7 %, при этом были выбракованы станции, где присутствуют всего 1–2 вида-индикатора (не во всех случаях); для TPF_{bio} , рассчитанного по плотности, таких «выбросов» оказалось два, а для TPF_{bio} по встречаемости – четыре. Следует подчеркнуть, что необходимость наличия в пробе (на станции) не менее трех видов-индикаторов отмечена во ВВЕДЕНИИ, однако теперь мы имеем уже не 11, а около двух сотен таксонов таких животных. Это увеличивает процент станций (проб), для которых возможно вычисление TPF_{bio} , в десятки раз.



R^2 – коэффициент детерминации, F – критерий Фишера, p – вероятность справедливости H_0 , штриховые линии – 95-% доверительные границы, красные квадраты – выбракованные точки

Рисунок 2.4 – Результаты регрессионного анализа

Таким образом, анализ кривых отклика 212 видов и таксонов более высокого ранга позволяет разработать показатель – TPF_{bio} – который довольно «чутко» реагирует на изменения общего уровня химического загрязнения среды – TPF_{chem} . Этот индекс весьма прост для вычисления и исключает прямое использование самих плотностей поселения донных животных – весьма изменчивого биотического параметра (коэффициент вариации в 400 % для него самое обычное дело). Количество видов-индикаторов загрязнения увеличилось в 17,5 раз – с 11 до 192, что позволяет определять TPF_{bio} (и, соответственно, TPF_{chem}) почти во всех пробах, за исключением некоторых из них, где число таких организмов ≤ 3 . Однако уровень детерминации (65–68 %) не высок, что снижает предикторские возможности этого индекса и связано с большой «лишней» дисперсией обоих показателей. Следовательно, необходимо применить процедуры, направленные на ее уменьшение и которые ранее были разработаны авторами [34] на основе классической работы Дж. Тьюки [35].

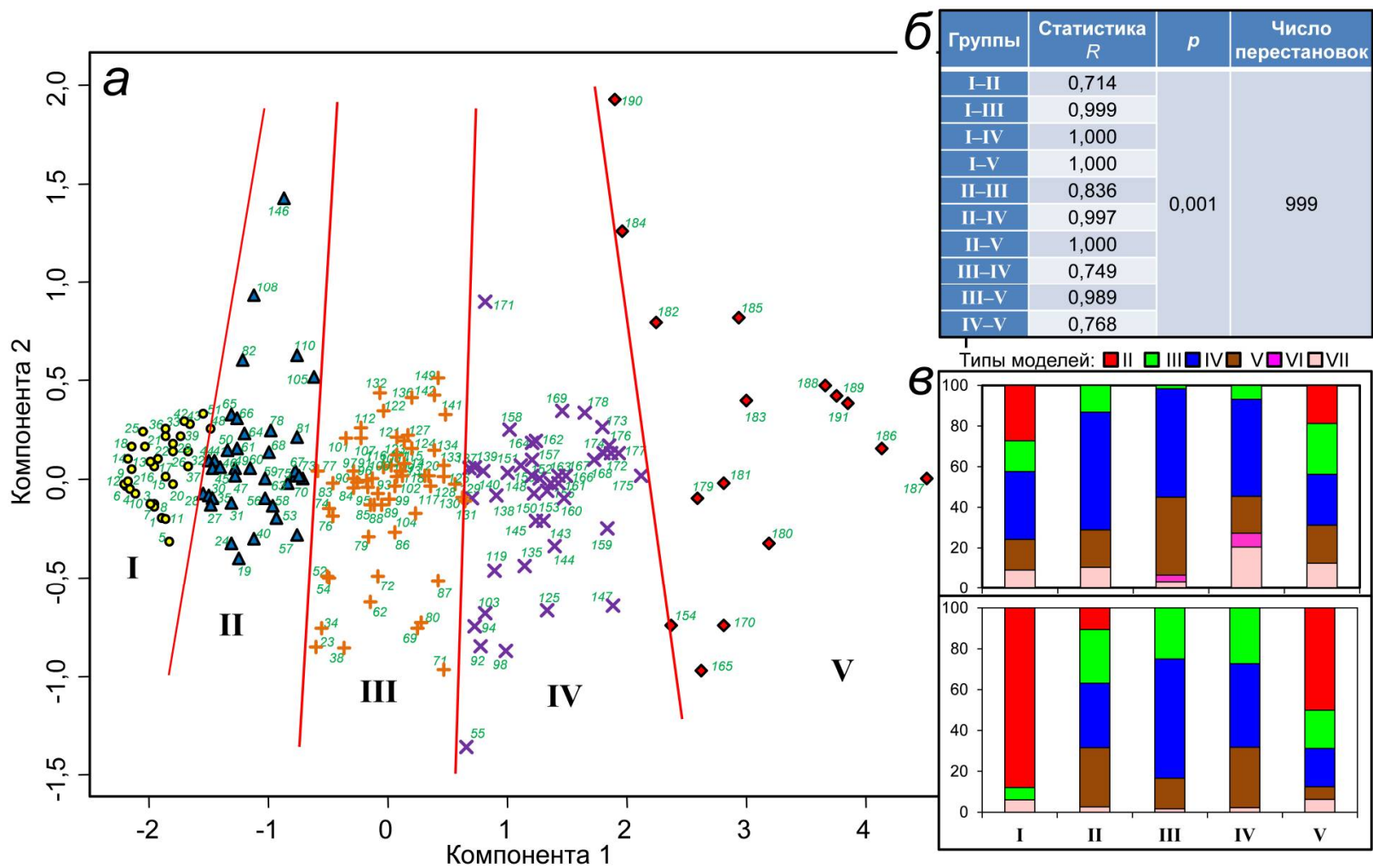
3 Структура дисперсии индексов TPF_{chem} и TPF_{bio} и ее снижение

В общем случае, «лишняя» дисперсия, маскирующая реальную форму зависимостей и силу связи предиктора и предиката, может быть обусловлена различиями в районах исследования, межгодовой и сезонной изменчивостью биологических и химических параметров, действием факторов среды (глубина, тип грунта, океанографические элементы и т.п.), а также индивидуальными особенностями видов. На первом этапе снизим вариабельность, вызываемую индивидуальными различиями в положении оптимумов таксонов донных животных, для чего сначала классифицируем найденных животных по отношению к загрязненности морской среды.

3.1 Классификация таксонов макрозообентоса по отношению к уровню загрязнения

Для классификационных построений используем координаты положения «сырых» средних и оптимумов для встречаемости и плотности (всего три параметра, см. раздел 2) и алгоритм, основанный на теории нечетких множеств (НМ). Предварительно выполненный кластерный анализ указывает на наличие примерно пяти групп донных животных (не показано). Применение алгоритма НМ позволяет объединить животных именно в пять кластеров, причем такое разбиение подтверждается общими и частными результатами процедуры ANOSIM (рисунок 3.1, таблица А.3). В I–V группы вошли соответственно 33, 38, 60, 44 и 16 таксонов и, таким образом, всего был расклассифицирован 191 представитель макрозообентоса. При этом из процедуры классификации были исключены виды, у которых КО описываются моделью I типа. Следует отметить, что лишь у двух видов – усонного рака *Balanus rostratus* и двустворчатого моллюска *Mya* sp. – сила «притяжения» к соседним группам была близка: у первого к кластеру III она составила 0,513, а к кластеру IV – 0,487; у второго (к тем же группам) – соответственно 0,482 и 0,517. Естественно, в первой и пятой группе преобладают соответственно сильно лево- и право-асимметричные модели, причем для встречаемости – это кривые отклика II типа. В группах II–IV степень смещения точки оптимума в ту или другую сторону снижается, и доминируют модели четвертого и пятого типов, а для встречаемости – еще и третьего (рисунок 3.1).

На рисунке 3.1 красным показаны т.н. дискриминационные линии, проведенные от руки. К сожалению, трансформация данных методом Бокса-Кокса не позволила достигнуть соответствия нормальному распределению и гомоскедастичности, что исключило возможность применения дискриминантного анализа (результаты теста Шапиро-Уилка после трансформации: вероятность справедливости H_0 $p = 0,000$ во всех случаях). Кроме подтверждения полученной ординации, последняя процедура позволила бы

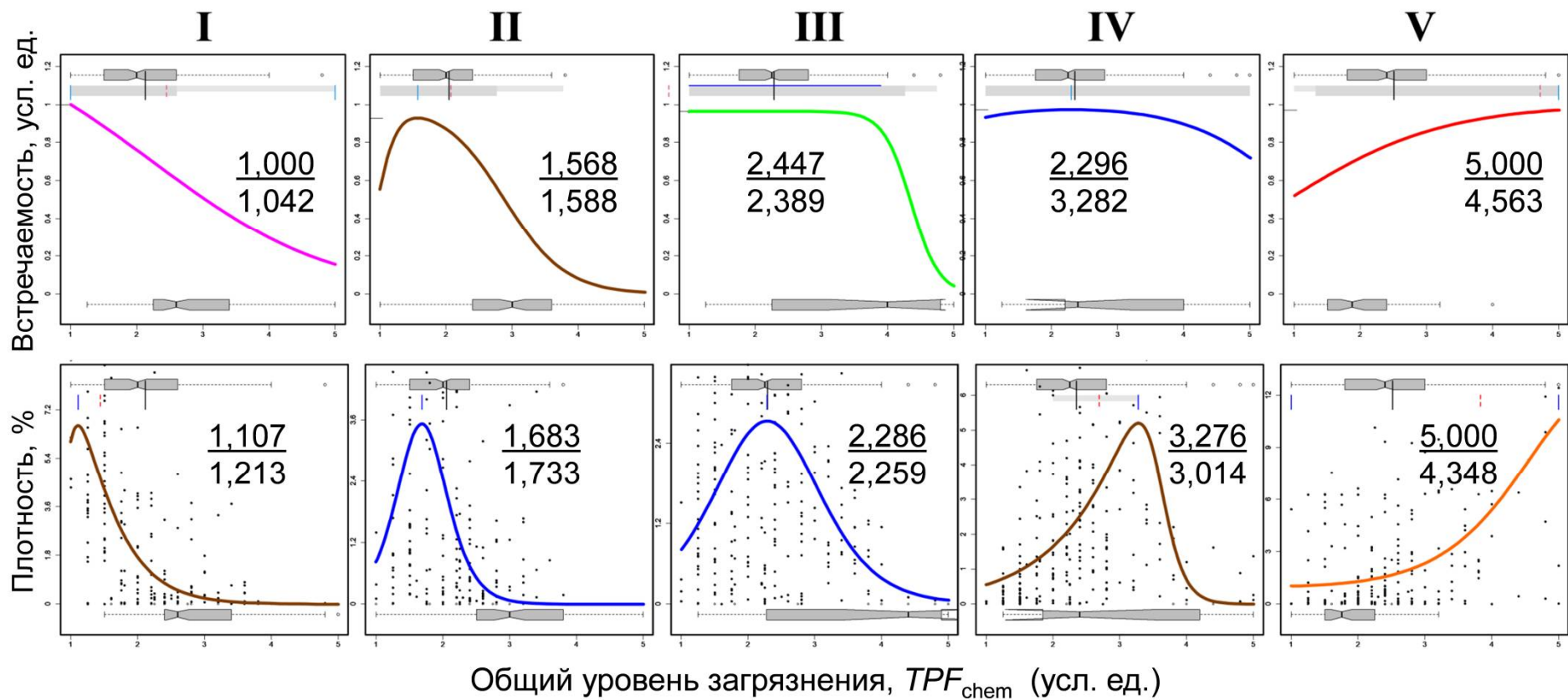


Виды обозначены арабскими числами (таблица А.3), группы – римскими; компоненты объясняют 96,3 % дисперсии точек; ANOSIM: глобальная статистика $R = 0,881$, $p = 0,001$; диаграмма в: сверху – по плотности, внизу – по встречаемости
 Рисунок 3.1 – Нечеткая классификация представителей макрозообентоса, частные результаты процедуры ANOSIM и состав групп по типам моделей (соответственно а – в)

получить математическое выражение для классификации других таксонов при поступлении новой информации, и давать статистическую оценку вероятности их вхождения в тот или иной кластер.

Кривые отклика, полученные на основе объединенных внутри групп данных по частоте встречаемости и плотности поселения (в последнем случае данные предварительно были нормализованы по наибольшим значениям и выражены в процентах от максимума), представлены почти всеми типами моделей, кроме первой (рисунок 3.2). Модель II типа описывает встречаемость в пятом кластере, а близкие к ней по форме – сильно асимметричные КО VI и VII типов – наблюдаются в первой и пятой группах соответственно у встречаемости и плотности. Кривые отклика II–IV кластеров представлены, в основном, моделями IV и V типов, кроме встречаемости третьей группы (III тип). Таким образом, КО у групп I, II и V для встречаемости и плотности весьма похожи и имеют близкие координаты точек оптимума вдоль градиента загрязнения, но у III и IV групп они существенно отличаются, причем, прежде всего, в положении оптимумов (рисунок 3.2). Наибольшие различия наблюдаются в группе IV: оптимум у встречаемости почти на единицу меньше, чем у плотности (он слегка ниже даже чем таковой в третьей группе). Интересно, что положение оптимума плотности IV группы почти точно соответствует второму перегибу кривой зависимости индекса Шеннона-Винера для двустворчатых моллюсков (H_b') от TPF_{chem} , т.е. окончанию прогрессивной деградации донного населения (см. ВВЕДЕНИЕ).

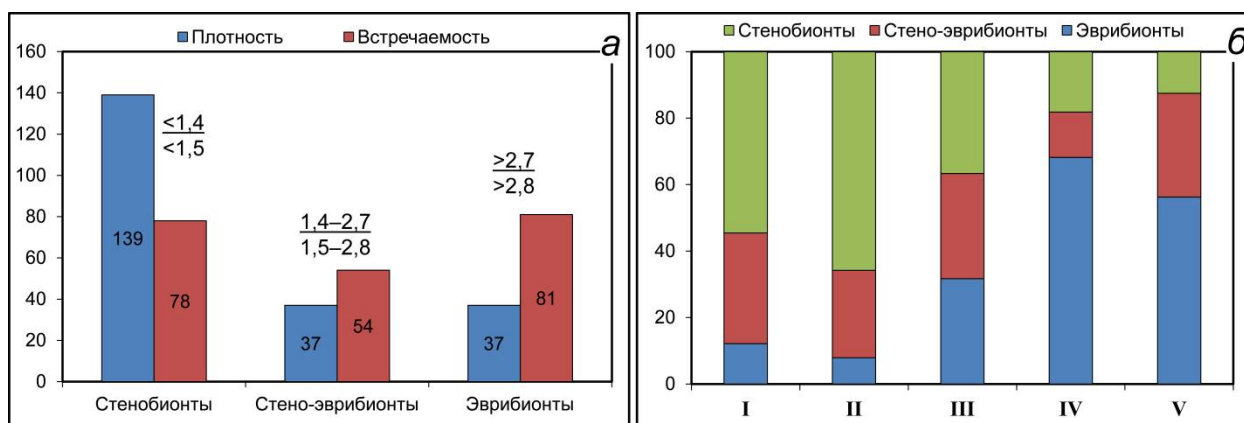
Для экологической интерпретации полученных групп макрозообентоса необходимо вернуться к вопросу о размере ниш исследованных таксонов, т.е. к пределам их толерантности относительно уровня загрязнения среды. Так как ширина внешней и внутренней ниши заметно коррелируют друг с другом, можно оставить один показатель, при этом первый из них более предпочтителен, т.к. полнее отражает встречаемость того или иного таксона вдоль градиента TPF_{chem} . По размеру внешней ниши для плотности всех 212 таксонов донных животных (включая таковые, описываемые моделью I типа), проранжировав ее значения на три класса, получаем 139 явных стенобионтов и по 37 – эври- и стено-эврибионтов (рисунок 3.3). У встречаемости распределение по этим классам более равномерное – соответственно 78, 54 и 81 таксон. Такие различия объясняются, главным образом, способностью исследованных гидробионтов давать т.н. «вспышки численности», при этом очень часто кривые отклика плотности характеризуются наличием узкого пика, тогда как у КО встречаемости он либо слабее выражен, либо вообще отсутствует (рисунок А.1–А.30). Поэтому, использование градации, основанной на ширине внешней ниши КО встречаемости явно предпочтительнее, чем таковой для плотности.



Верхний и нижний ряды – кривые отклика, полученные на основе объединенных внутри групп данных по частоте встречаемости и плотности поселения, соответственно; арабские цифры внутри диаграмм – координаты точки оптимума вдоль градиента TPF_{chem} (усл. ед.; в числителе – оптимумы моделей, в знаменателе – оптимумы, усредненные внутри групп)

Рисунок 3.2 – Результаты классификации видов макрозообентоса (группы I–V)

Стенобионтные по отношению к загрязнению животные преобладают в первой и второй группе, стено-эврибионты занимают второе место, а доля эврибионтов здесь невелика (рисунок 3.3). В третьем кластере количество разных по выносливости представителей макрозообентоса примерно одинаково. Эврибионтные гидробионты доминируют в пятой и, особенно, в четвертой группе. Таким образом, первые два кластера объединяют чистолюбивых (чувствительных к уровню загрязнения), в основном, стенобионтных и стено-эврибионтных организмов, третья – умеренно чистолюбивых и весьма толерантных к загрязнению представителей донной фауны, четвертая и пятая – соответственно оппортунистов второго и первого порядка. Большинство последних встречаются почти во всем диапазоне TPF_{chem} , но получают преимущество на умеренно и сильно загрязненных участках акваторий, т.е. на фоне вырождения бентосного населения, причем первые начинают заменять «нормальную» донную фауну именно в начале области прогрессивной деградации (см. ВВЕДЕНИЕ).



В числителе – для плотности, в знаменателе – для встречаемости (ед. TPF_{chem})
 Рисунок 3.3 – Градации таксонов макрозообентоса по размеру внешней ниши и состав групп по степени бионтности (соответственно а и б)

Итак, с экологической точки зрения, выполненный анализ позволяет описать, выделенные группы следующим образом (для каждой подгруппы приведены наиболее часто встречающиеся таксоны):

- абсолютно не толерантные к загрязнению, обычно стенобионтные, реже стено-эврибионтные, изредка эврибионтные животные. Среди первых чаще всех встречаются кумовый рак *Diastylis* sp., морской еж *Echinocardium cordatum* и полихета *Ampharete sibirica*, среди вторых – офиура *Amphiodia fissa*, полихеты *Glycera* sp. и *Praxillella* sp., среди третьих – многощетинковые черви *Spiophanes bombyx*, *Praxillella gracilis* и неопределенные до вида полихеты семейства мальданид;
- слабо толерантные, обычно стенобионтные, реже – стено-эврибионтные, изредка эврибионтные представители макрозообентоса. К первым относятся двустворчатый моллюск *Yoldia johanni*, полихеты *Paranaitis polynoides* и амфиподы *Protomedeia* sp., ко

- вторым – *A. insignis*, неопределённые до вида разноногие и десятиногие раки, к третьим – *R. pulchella* и гастропода *Philine* sp.;
- умеренно толерантные, стенобионтные, стено-эврибионтные и эврибионтные организмы. Первые представлены амфиподой *Crassicorophium crassicorne* и кумовым раком *Diastylopsis dawsoni*, вторые – многощетинковыми червями *Pholoe minuta*, полихетами-капителлидами и немертинами *Cerebratulus marginatus*, третьи – змеехвостками *Ophiura sarsii*, полихетами *S. armiger* и *Goniada maculata*;
 - толерантные, обычно эврибионтные, реже стенобионтные и стено-эврибионтные животные (оппортунисты II порядка). Первые включают многощетинковых червей *Lumbrineris longifolia*, *Sigambra bassi*, *Scalibregma inflatum*, *Glycera capitata*, *D. cardalia*, а также *M. sarsi* и *E. tenuis*, вторые – *D. alaskensis*, полихет *Asabellides sibirica* и двустворчатых моллюсков *Mya uzenensis*, третьи – полихет *Eumida sanguinea* и *Heteromastus giganteus*;
 - экстремально толерантные, обычно эврибионтные, реже – стено-эврибионтные, изредка – стенобионтные организмы (оппортунисты I порядка). Среди первых чаще всего встречаются полихеты *A. pacifica*, *Sch. japonica*, *Chaetozone setosa*, *Notomastus latericeus*, *C. capitata*. Среди вторых – *A. amurensis*, многощетинковый червь *Cheilonereis cyclurus*, двустворчатый моллюск *Macoma scarlatoi*, среди третьих – полихеты *Chone cincta* и *Pseudopotamilla* sp.

Следует подчеркнуть, что наличие стенобионтов в четвертой и пятой группах является, скорее всего, результатом недостатка данных: очень трудно представить себе таких «любителей» загрязненной среды обитания. Вся имеющаяся информация о встречаемости и бионтности отдельных таксонов макрозообентоса суммирована в таблице А.3.

Полученная классификация может быть полезна для экспресс-анализа уровня загрязнения среды, причем для опытного специалиста по макрозообентосу – даже в полевых условиях. Кроме того, она отражает закономерную, последовательную и постепенную смену донной фауны вдоль градиента загрязнения: начинают его чистолубивые стенобионты, а заканчивают – главным образом, оппортунистические эврибионтные виды. Последнее, несомненно, является важным для интерпретации пространственно-временной изменчивости сообществ донных животных. Необходимо подчеркнуть, что такая реакция, причем довольно тонкая, не может быть объяснена только с позиции чувствительности и толерантности животных к загрязнению, большую роль здесь должны играть внутривидовые взаимодействия, например эдафические. Понять или хотя бы слегка прояснить эту систему координаций можно только на основе выявления сообществ бентоса и анализе структуры взаимосвязей внутри такого рода агломераций [см. 11].

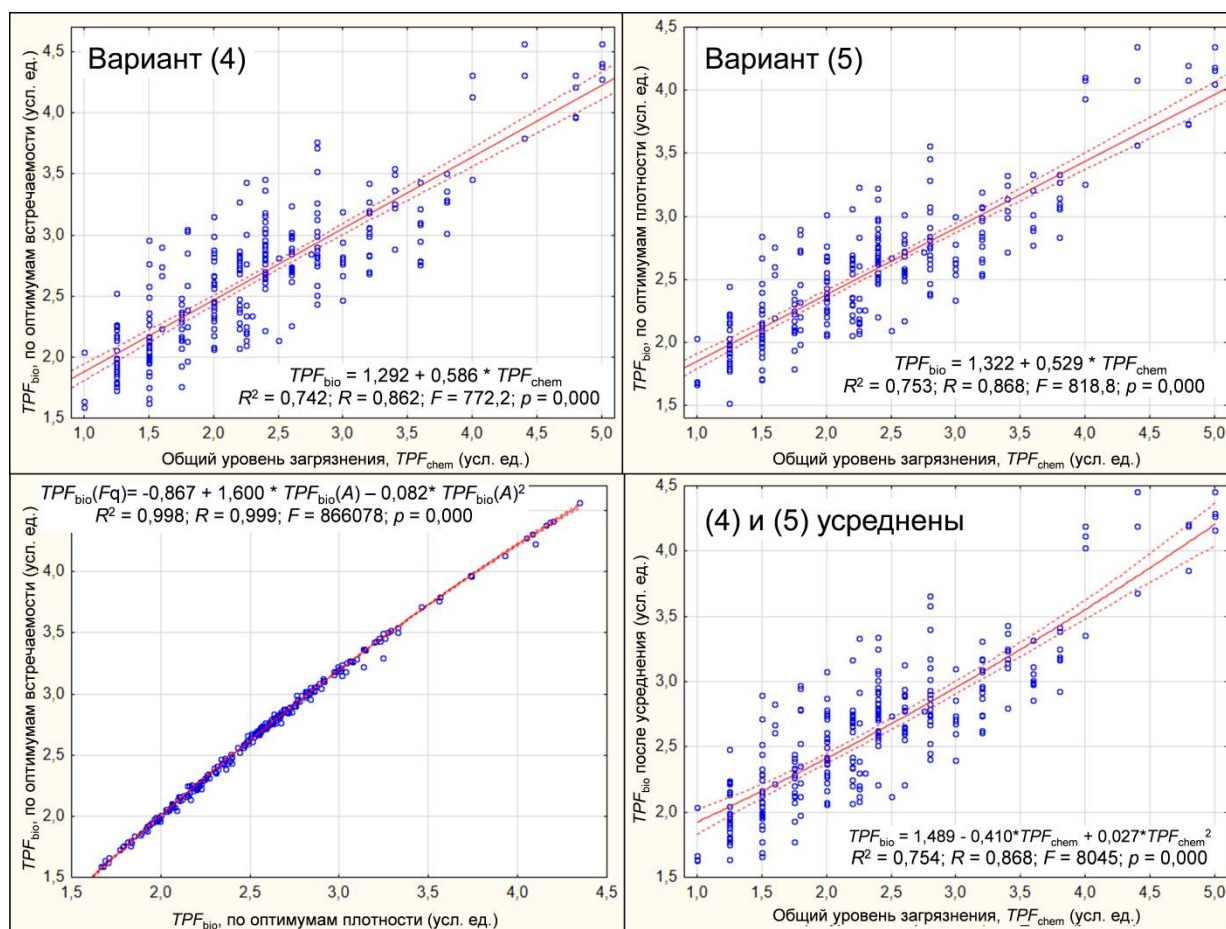
3.2 Снижение индивидуальной изменчивости координат точек оптимума

После классификации гидробионтов появляются следующие, наиболее перспективные, варианты вычисления индекса TPF_{bio} :

- 1-2) На основе координаты оптимума групповой кривой отклика встречаемости: для группы III – правый или усредненный;
- 3) По положению оптимума групповой КО плотности;
- 4-5) По среднегрупповым оптимумам КО встречаемости и плотности (см. рисунок 3.2).

В вариантах (1)–(3) используются модельные КО, полученные для выделенных в разделе 3.1 групп, для вариантов (4) и (5) – усреднённые внутри этих кластеров координаты оптимумов отдельных видов и более крупных таксонов, попавших в эту группу.

По результатам регрессионного анализа – проценту объясненной дисперсии (TPF_{bio} – зависимая переменная, TPF_{chem} – предиктор) наилучшими оказались варианты (4) и (5): коэффициент детерминации для них составил соответственно 74,2 и 75,3 % (рисунок 3.4). В остальных случаях R^2 был ниже 70 %: (1)–(3) – соответственно 54,0, 66,1 и 69,2 % ($p < 0,000$). Таким образом, классификация животных позволила увеличить объясняемую дисперсию почти на 10 %.



R^2 – коэффициент детерминации, F – критерий Фишера, p – вероятность справедливости H_0 , штриховые линии – 95-% доверительные границы

Рисунок 3.4 – Результаты регрессионного анализа

Индексы TPF_{bio} , вычисленные на основе плотности и встречаемости, естественно, сильно коррелируют друг с другом ($R^2 = 0,998$, $p = 0,000$, полином второй степени). Следовательно, в дальнейшем достаточно использовать один индекс, например полученный усреднением TPF_{bio} , определённым по обеим среднегрупповым характеристикам таксонов макрозообентоса. При усреднении, т.к. регрессия слегка квадратичная, логичнее было использовать среднее геометрическое, а не арифметическое, однако, первое дает примерно на половину процента меньше объясненной дисперсии, чем второе ($R^2 = 0,739$ и $0,744$, $p = 0,000$).

Сопоставление с индексами $AMBI$ и $M-AMBI$, характеризующими степень нарушения места обитания и состояние бентоса, показывает, что доля объясненной дисперсии составляет соответственно всего около 51 и 49 %. Следовательно, индекс, TPF_{bio} «настроен» на наилучшее отображение именно уровня химического загрязнения среды. За рубежом процедура проверки соответствия разных индексов весьма распространена и носит название интеркалибрации и/или калибровки (intercalibration, calibration).

На рисунке 3.5 представлены некоторые результаты таких интеркалибраций. $M-AMBI EQR$ и $BEQI2 EQR$ (EQR – Ecological Quality Ratio) представляют собой индексы, вычисленные по одним и тем же параметрам – индексам $AMBI$, видового разнообразия и богатства Шеннона-Винера и Маргалефа – но разными способами. $MAMBI$ – методом факторного анализа перечисленных показателей, $BEQI2$ – усреднением перечисленных параметров, нормализованных по отношению к их референтным для данной акватории величинам (рисунок 3.5 а). По плотности и размерам «облака» рассеяния, зависимость индексов TPF_{bio} , вычисленных на основе плотности и встречаемости, хотя и имеет другую форму аппроксимации, весьма близка к таковой $AMBI EQR$ и $BEQI2 EQR$, у которых $R^2 \sim 0,999$.

В ряду других калибровок – $M-AMBI$ и $B-IBI$, $AMBI$, $M-AMBI$ и $Bentix$, различных индексов, применяемых Дании, Норвегии, Испании и Великобритании (соответственно DKI , ISI , $M-AMBI$, $UK Index$)* – 75 % объясненной дисперсии, полученные при сопоставлении TPF_{bio} , вычисленных на основе плотности и встречаемости, занимают «почетное» третье место (рисунок 3.5 б-г). Таким образом, наши результаты хорошо согласуются с таковыми зарубежных исследователей и, поэтому, уже в этом виде, вполне пригодны для мониторинга и биоиндикации.

* Перечисленные индексы ($B-IBI$, $Bentix$, DKI , ISI , $UK Index$) весьма разнообразны по составу и часто сложны по способам вычисления; их описание можно найти в работах [36–41].

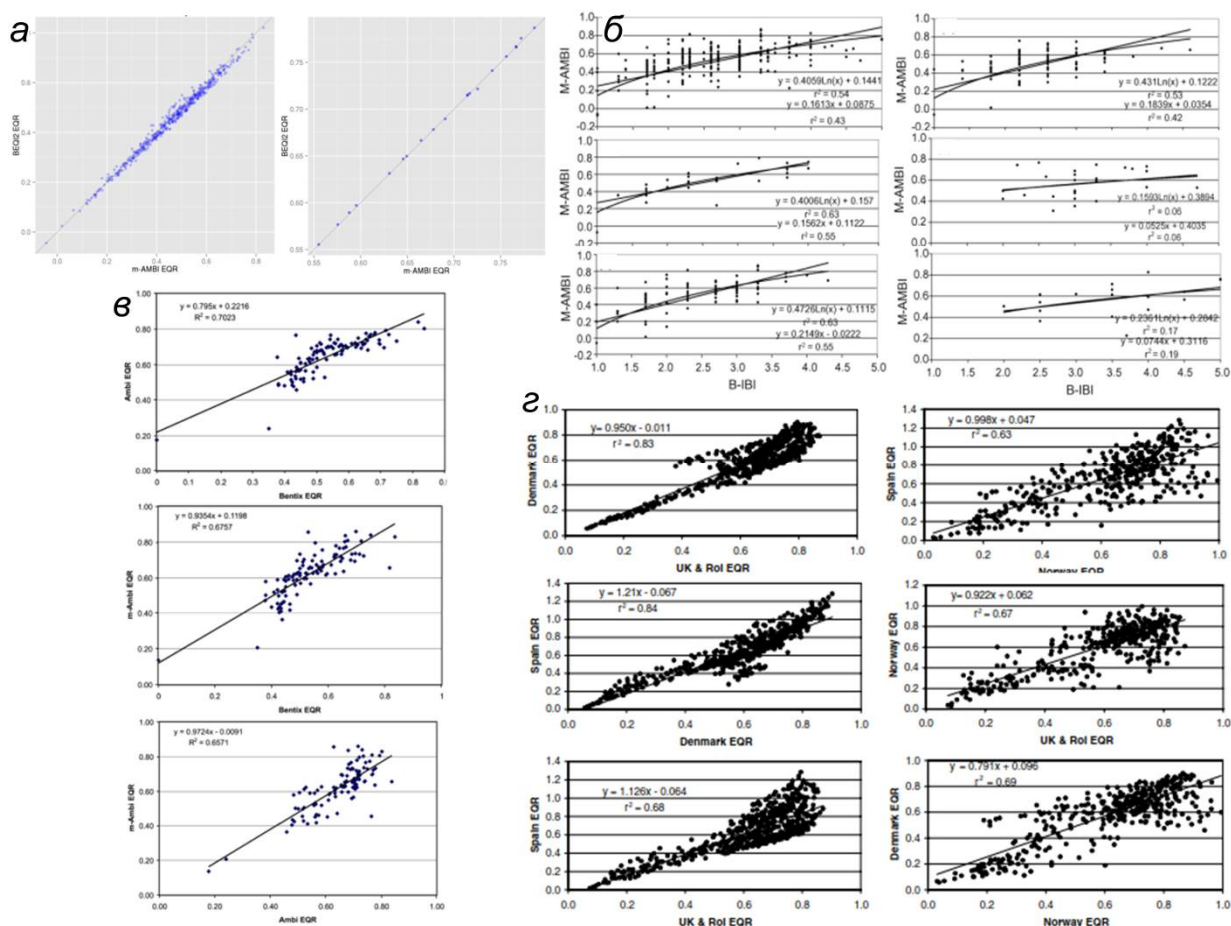


Рисунок 3.5 – Примеры результатов процедур интеркалибровки и/или калибровки: а–г – соответственно по [36–39]. Пояснения в тексте

У индексов *EQR*, используемых в Дании, Норвегии, Испании и Великобритании, наблюдается отчетливая неоднородность («распадение») облаков регрессии на подобласти (рисунок 3.5 г). Причины таких распадений многообразны, например, объединение в одной выборке данных из разных районов, сборов разных лет и сезонов, а так же действие факторов среды. К сожалению, в нашем распоряжении нет материалов, достаточных для оценки «географической» составляющей дисперсии TPF_{bio} и TPF_{chem} (должны быть результаты съемок одного года, но разных районов, близких по величинам других параметров*). Но в то же время, имеются три выборки, сделанные на прибрежных акваториях Владивостока (2001, 2016 и 2018–2019 гг.) примерно на одних и тех же или близкорасположенных станциях.

* Наиболее перспективными, в этом отношении, могли бы быть близкие по срокам опробования залив Посьета, с одной стороны, и залив Стрелок и бухта Рифовая, с другой (соответственно съемки 1993 и 1992 гг.). Эти акватории почти идентичны по глубинам, весьма похожи по составу донных отложений, но в то же время, различаются в TPF_{chem} : при почти равных средних значениях, во втором районе диапазон изменения этого индекса заметно сдвинут вправо относительно первого.

3.3 Снижение дисперсии, обусловленной межгодовой изменчивостью и основными абиотическими факторами

Состав, структура и состояние макрозообентоса на прибрежной акватории Владивостока определяются, прежде всего, уровнем химического загрязнения и особенностями придонного гидрологического режима; последний во многом обусловлен интенсивностью терригенного стока [42]. Кроме того, важную роль играют различные характеристики гранулометрического состава осадков, которые, в конечном итоге, определяют тип грунта.

Применение непараметрических методов свидетельствует об отсутствии статистически значимого влияния факторов «съёмка» и «глубина» на индексы TPF_{bio} и TPF_{chem} , а также фактора «содержание тонких частиц» – на TPF_{bio} (результаты тестов Крускала-Уоллиса/Манна-Уитни: $p = 0,069-0,383$). Однако воздействие последнего фактора на TPF_{chem} значимо с позиций статистики ($p = 0,000$), что подтверждается результатами ковариационного анализа (таблица 3.1, рисунок 3.6).

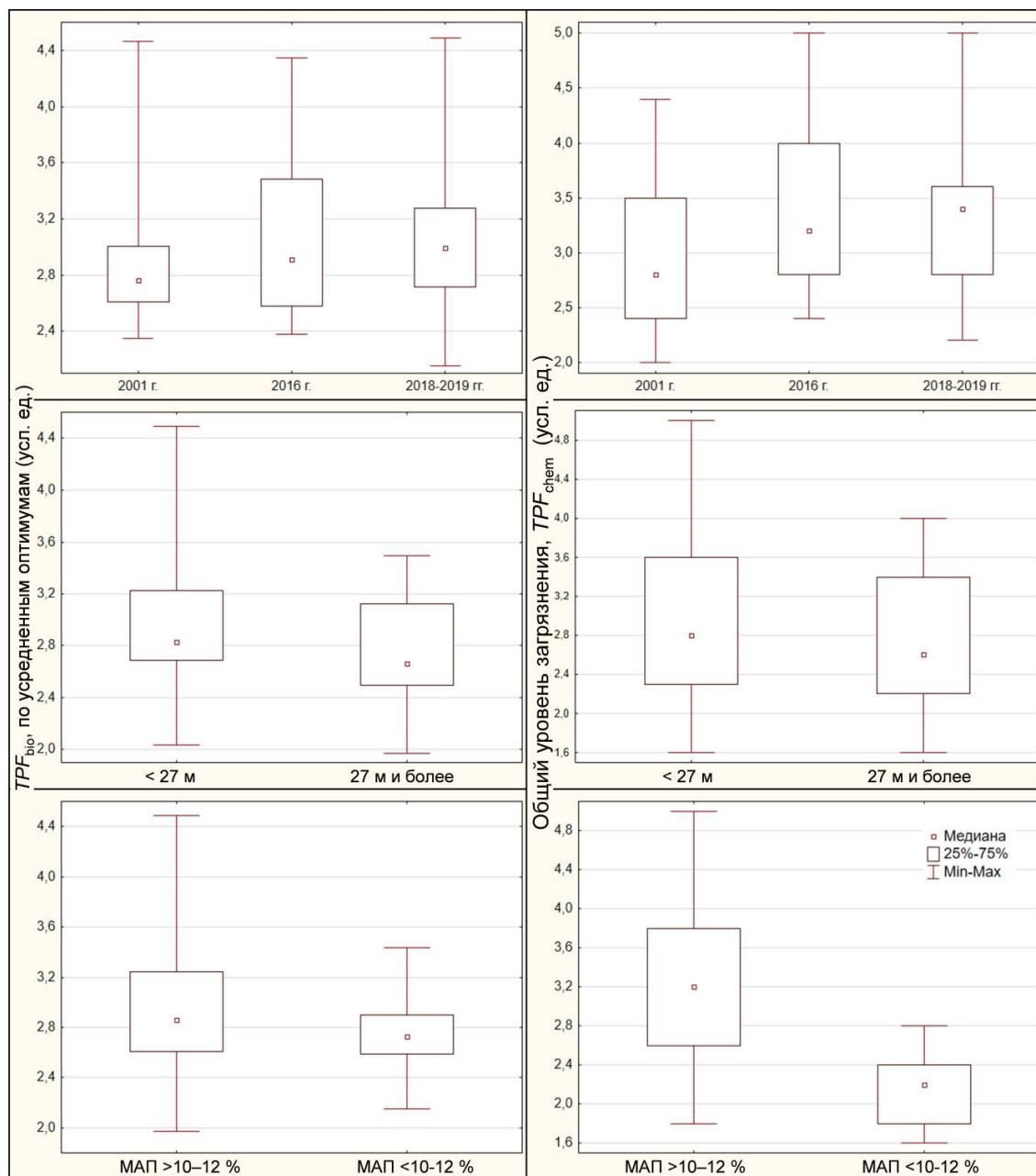
Таблица 3.1 – Результаты различных вариантов ковариационного анализа (обобщенные линейные модели)

Фактор	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Критерий Фишера F	p
Модель: $TPF_{chem} = \text{Съёмка} + \text{poly}(TPF_{bio}, \text{degree} = 2)$				
Съёмка	0,132	2	0,860	0,426
TPF_{bio}	22,77	2	149,0	0,000
Остатки	8,104	106		
Модель: $TPF_{chem} = \text{Глубина} + \text{poly}(TPF_{bio}, \text{degree} = 2)$				
Глубина	0,198	1	2,631	0,108
TPF_{bio}	23,74	2	158,0	0,000
Остатки	8,037	107		
Модель: $TPF_{chem} = \text{МАП} + \text{poly}(TPF_{bio}, \text{degree} = 2)$				
МАП	2,006	1	34,46	0,000
TPF_{bio}	25,72	2	220,9	0,000
Остатки	6,229	107		
Модель: $TPF_{chem} = \text{Съёмка} + \text{Глубина} + \text{МАП} + \text{poly}(TPF_{bio}, \text{degree} = 3)$				
Съёмка	0,393	2	1,560	0,215
Глубина	0,389	1	3,087	0,082
МАП	12,497	1	99,21	0,000
TPF_{bio}	38,560	3	102,0	0,000
Остатки	12,975	103		

Примечание – МАП – содержание частиц < 0,05 мм.

Регрессионные модели, учитывающие результаты применения непараметрических тестов и ANCOVA, показаны на рисунках 3.7 и 3.8. В соответствие с целью работы зависимости были инвертированы: предиктором стал TPF_{bio} , предикатом – TPF_{chem} . Отделение трех съёмок друг от друга добавляет, в среднем, около 9 % объясненной

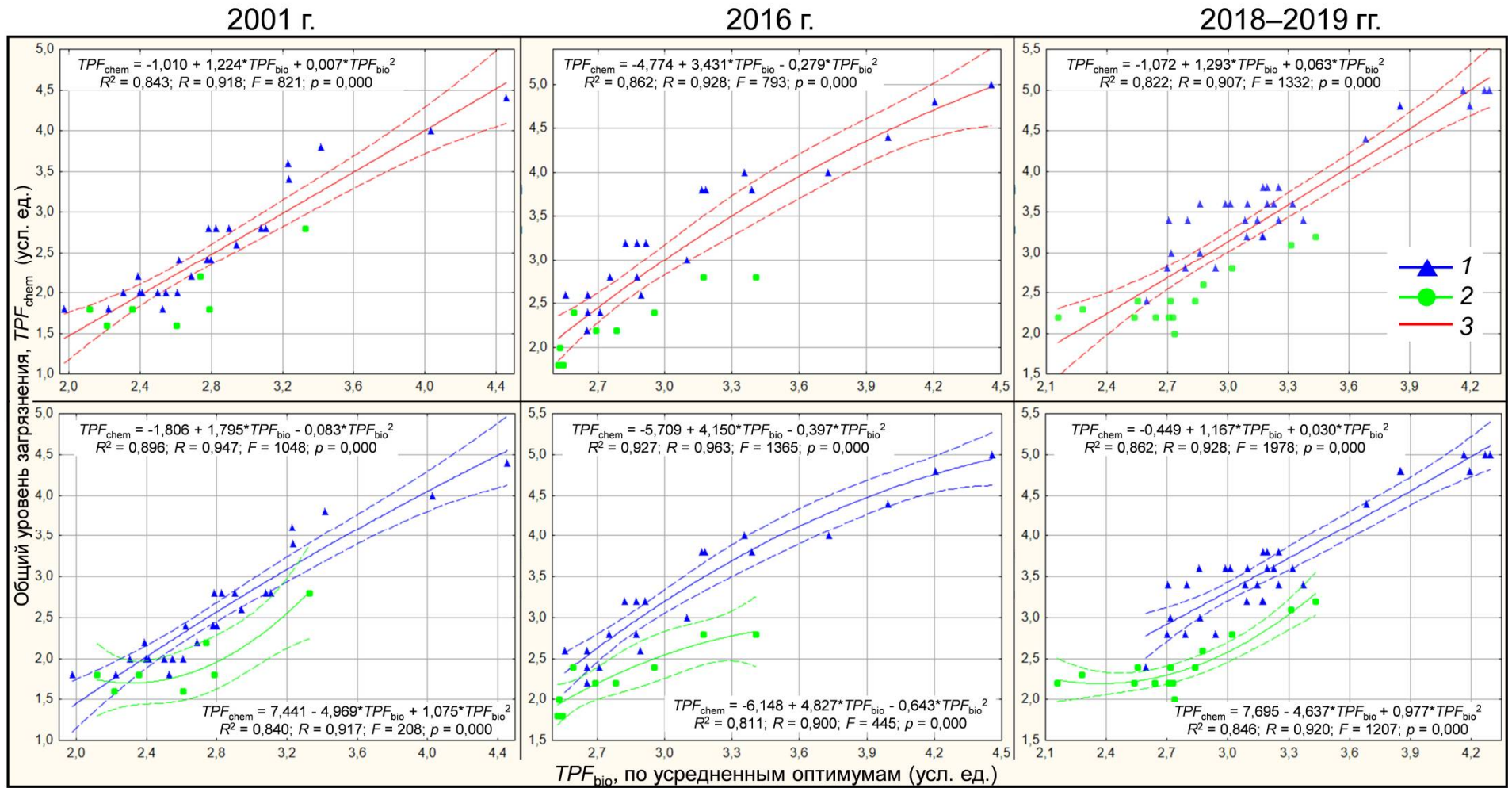
дисперсии, а если исключить (отфильтровать) песчано – крупноалевритовые донные отложения – еще около 4–5 % (рисунок 3.7, 3.8). В итоге доля объясненной дисперсии составила 90,7 % (рост на 36,6 % по отношению к ситуации, описанной в конце раздела 2), что для рассматриваемого типа биологических систем является весьма приличным результатом (например, см. рисунок 3.5).



МАП – содержание частиц < 0,05 мм

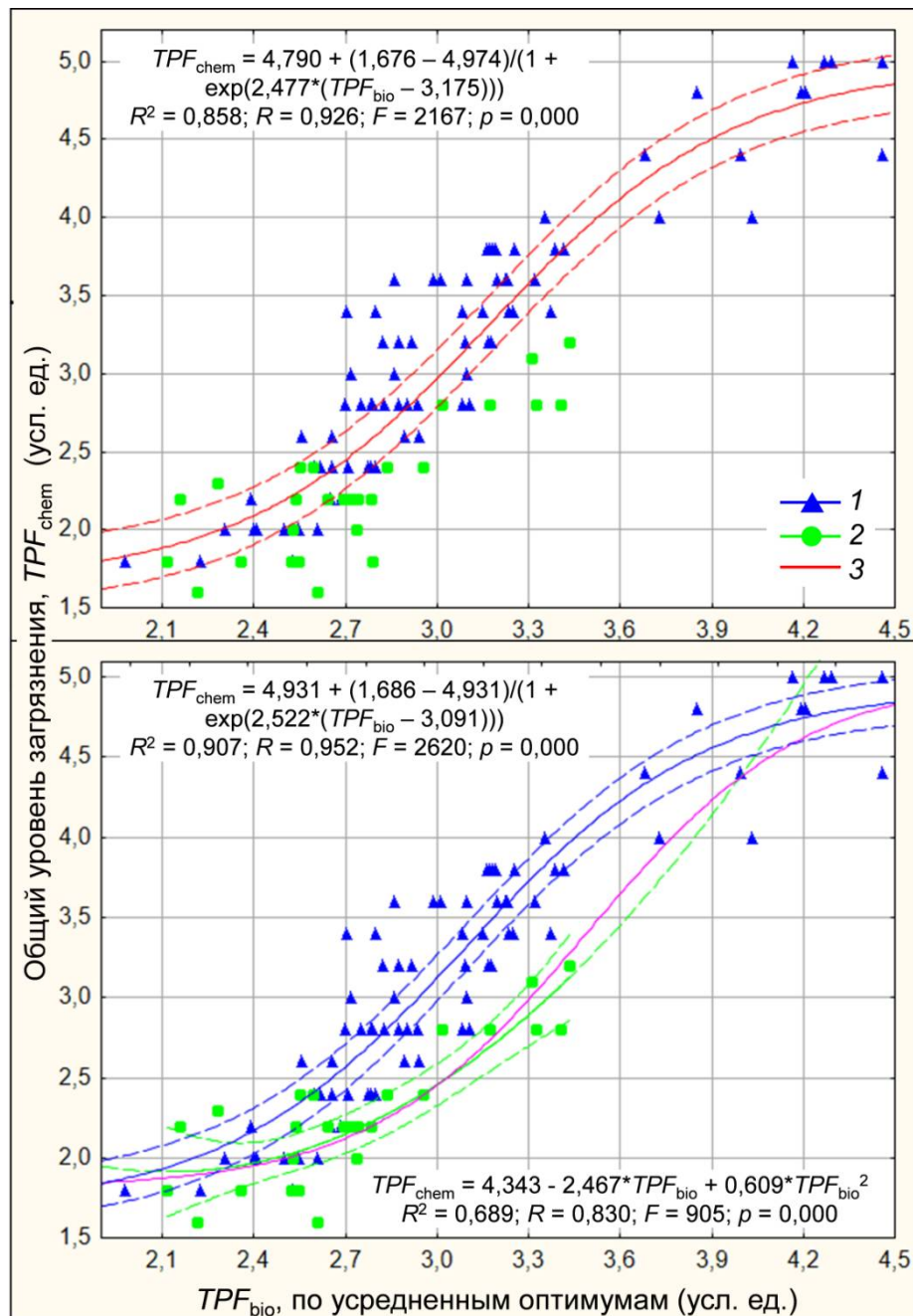
Рисунок 3.6 – Результаты теста Крускала-Уоллиса/Манна-Уитни для факторов «съёмка», «глубина» и «тип грунта» (соответственно верхний, средний и нижний ряд)

До сих пор мы использовали регрессионный анализ в его «разведочном» варианте, который, в принципе, не требует соблюдения нормального распределения данных. Однако в основе этой процедуры лежат общие линейные модели и метод наименьших квадратов и, следовательно, распределение используемых данных должно соответствовать нормальному



1 и 2 – соответственно мелко – алевритопелитовые и песчано – крупноалевритовые осадки, 3 – общая линия регрессии, штриховые линии – 95-% доверительные границы, R^2 – коэффициент детерминации, F – критерий Фишера, p – вероятность справедливости H_0

Рисунок 3.7 – Результаты регрессионного анализа



1 и 2 – соответственно мелко – алевритопелитовые и песчано – крупноалевритовые осадки, 3 – общая линия регрессии, штриховые линии – доверительные границы, R^2 – коэффициент детерминации, F – критерий Фишера, p – вероятность справедливости H_0 , штриховые линии – 95-% доверительные границы; для песчано – крупноалевритовых грунтов модельная кривая продлена за область определения TPF_{bio} , розовая линия – теоретически наиболее вероятная форма этой кривой

Рисунок 3.8 – Результаты регрессионного анализа

паттерну, например, для вычисления точного значения коэффициента детерминации. Для упрощения, воспользуемся свойствами нормального распределения: если значения зависимой переменной распределены нормально, то нормально будут распределены и значения остатков соответствующей модели [43]. Следовательно, вместо проверки нормальности распределения значений переменных, достаточно проверить нормальность распределения остатков модели.

Результаты теста Шапиро-Уилка для всех девяти моделей, представленных на рисунке 3.7, свидетельствуют о нормальном распределении остатков (вероятность справедливости H_0 $p = 0,182-0,531$). Таким образом, значения коэффициентов детерминации корректны с позиций статистики, могут быть использованы в дальнейших построениях, а выводы, сделанные на их основе, будут статистически непротиворечивы. Для сравнения: у остатков регрессионных моделей полных выборок всех исследованных параметров вероятность справедливости H_0 $p = 0,0000-0,0016$.

Необходимо подчеркнуть, что выполненный анализ имеющихся данных не позволяет полностью исключить влияние факторов «съёмка» и «глубина» на разброс значений исследуемых индексов. Воздействие этих факторов не значимо статистически, но справедливость H_0 отвергается лишь на маргинальном уровне (результаты тестов Крускала-Уоллиса/Манна-Уитни для TPF_{chem} : $p = 0,087$ и $0,069$). Общий уровень загрязнения в 2001 г. был явно несколько ниже, чем в 2016 и 2018–2019 гг., а влияние глубины можно увидеть, например, в облаке регрессии для съёмки 2001 г. – две станции в его начале (песчано – крупноалевритовые осадки) опробованы на глубинах 5 и 48 метров (рисунок 3.7). Поэтому, влияние факторов «съёмка» и «глубина» следует считать лишь не доказанным с позиций статистики и, вполне вероятно, что при поступлении новых материалов их эффекты могут быть «вычленены» и оценены.

Зависимости TPF_{chem} от TPF_{bio} для обобщенных данных трех съёмок на прибрежной акватории Владивостока в наилучшей степени аппроксимируются логистическими функциями и полиномом второй степени* (соответственно для всех типов осадков, мелко-алевропелитовых и песчано-крупноалевритовых отложений). Такая форма зависимостей отражает выравнивание величин индексов TPF_{chem} и TPF_{bio} при незначительном и сильном загрязнении донных отложений, что вполне логично с позиции самого процесса контаминации. Более того, можно предположить, что полиномиальная модель, адекватная имеющимся данным, не адекватна теоретически и также должна быть логистической, при этом обе функции очерчивали бы фигуру, напоминающую петлю гистерезиса (рисунок 3.8).

Так, донные отложения на станции Z1, расположенной вблизи устья реки Объяснения в северной части бухты Золотой Рог, содержат очень мало естественных гранулометрических разностей и состоят, в основном, из различных био- и антропогенных остатков органического происхождения. По классификации Ф.Р. Лихта с коллегами [44]

* Следует отметить, что и у этих моделей распределение остатков соответствует нормальному паттерну ($p = 0,172-0,854$), хотя в случае логистической модели и алгоритма, использованного для ее получения, этого не требуется.

грунты в этой точке опробования относятся к алевроитам песчаным, при этом доля песков, крупных, мелких алевроитов и всех пелитов составляет 26,2, 18,7, 38,0 и 17,1 %, соответственно. Встречается здесь, да и то не всегда, только эврибионтная полихета *C. capitata*, являющаяся по отношению к загрязнению экстремально толерантным видом. В результате, TPF_{bio} достигает на этом участке предельно возможной величины (4,46 усл. ед.), а TPF_{chem} , по многолетним данным, имеет близкое значение и составляет $4,43 \pm 0,07$, варьируя от 4,0 до 4,6 усл. ед.

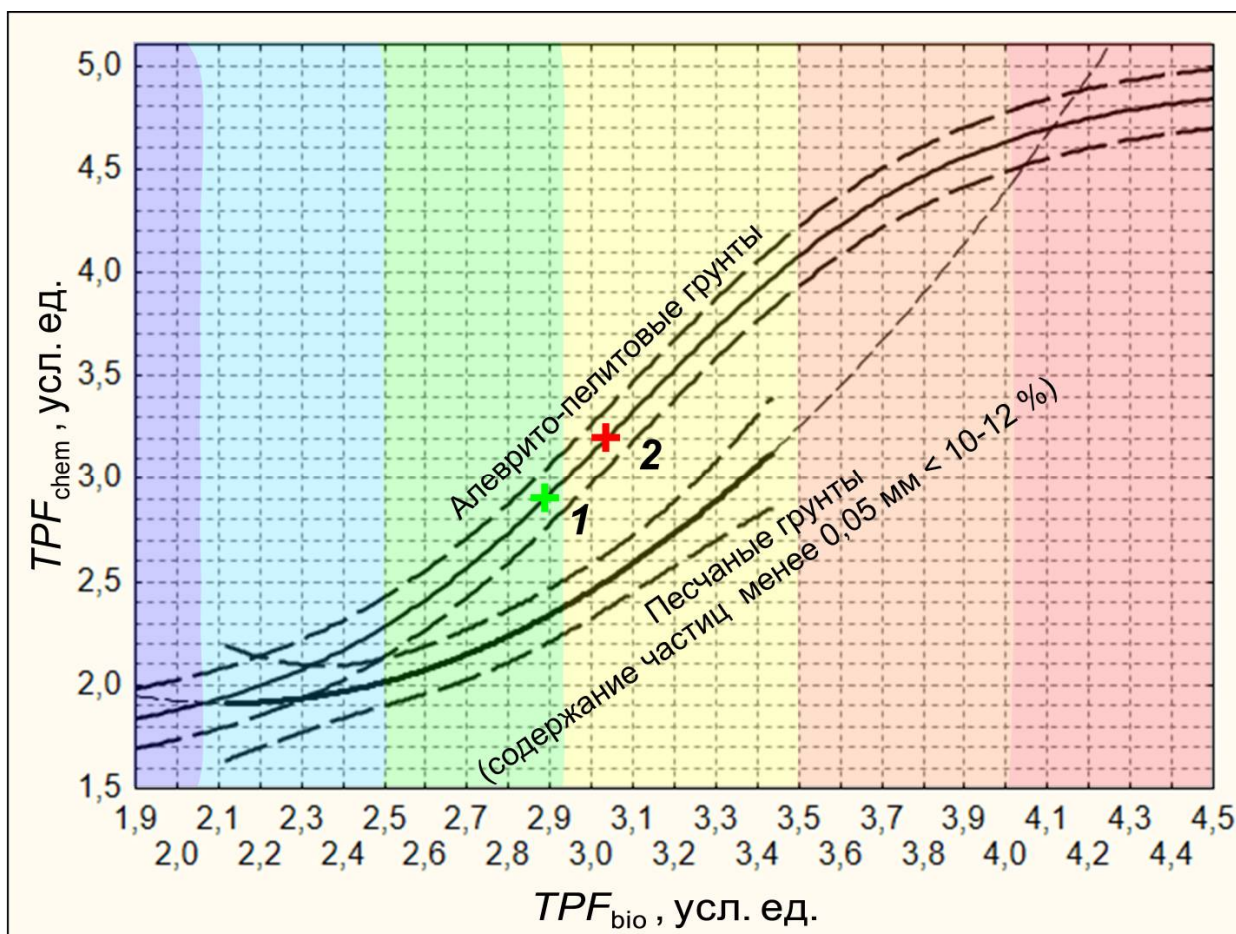
С приближением к устью речки Объяснения гранулометрический состав осадка должен меняться в соответствии с законами осаждения взвешенного материала – в упрощённом виде, вблизи источника выпадают гидравлически более крупные частицы, а более тонкие – выносятся все дальше и дальше в водоем, последовательно опускаясь на дно в соответствие со своей крупностью. Поэтому, вполне вероятно, что ближе к устью в осадках будут преобладать пески, но TPF_{bio} и TPF_{chem} не изменятся: в условиях экстремального загрязнения и эвтрофикации, отягощенных процессами гниения и летней гипоксией, выжить может только *C. capitata*, а общий уровень загрязнения определяется накоплением ЗВ в органических остатках.

Ситуация с выравниванием низких значений TPF_{chem} и TPF_{bio} для разных грунтов объясняется гораздо проще: когда поступление ЗВ невелико, их мало или нет ни в осаждающейся взвеси (что важно для всех фильтраторов – моллюсков, полихет, форонид и т.д.), ни в осадке ($TPF_{chem} \rightarrow 1,00$). Массово развиваются стено- и стено-эврибионтные организмы, абсолютно не толерантные или слабо и умеренно толерантные к загрязнению среды ($TPF_{bio} \rightarrow 1,13$). Эти величины (1,00 и 1,13) являются предельно возможными для индексов TPF_{chem} и TPF_{bio} . Однако на исследованной акватории TPF_{chem} в алевропелитовых отложениях не опускается ниже 1,8, а средний TPF_{bio} у трех первых в разной степени «чистолюбивых» групп, которые почти облигатны в таких условиях, составляет 1,7 (см. рисунок 3.2).

Итак, выполненные аналитические процедуры позволили увеличить долю объясняемой дисперсии зависимости $TPF_{chem} - TPF_{bio}$ более чем на треть, с 66,4 до 90,7 %, что дает возможность использовать индекс TPF_{bio} для оценки общего уровня химического загрязнения среды. Кроме того, разработана экологическая классификация видов и более высоких таксонов макрозообентоса по отношению к уровню загрязнению и степени их толерантности к этому фактору. Эта классификация отражает закономерную, последовательную и постепенную смену донной фауны вдоль градиента загрязнения, начиная с чистолюбивых стенобионтов и заканчивая оппортунистическими эврибионтными животными.

4 Метод оценки общего уровня химического загрязнения среды по распределению видов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения

Основой предлагаемого метода является шкала (номограмма) для определения уровня химического загрязнения донных отложений на основе оптимумов кривых отклика (усреднены внутригрупповые оптимумы по плотности и встречаемости, индекс TPF_{bio}) видов и таксонов более высокого ранга макрозообентоса (рисунок 4.1). Эта номограмма представляет собой зависимость индекса химического загрязнения осадков (TPF_{chem}), определяемого на основе концентраций приоритетных загрязняющих веществ, от TPF_{bio} и состоит из двух кривых (логистической функции и полинома второй степени). Первая из них предназначена для определения величин TPF_{chem} по значениям TPF_{bio} (грунты, содержащие более 10–12 % частиц <0,05 мм), вторая – для коррекции TPF_{chem} по TPF_{bio} для грунтов с более низкой концентрацией частиц указанных размерностей (крупноалевритовые, песчаные и более грубые осадки). Обработке могут быть подвергнуты любые списки видов и, что особенно важно, не включающие количественные характеристики.



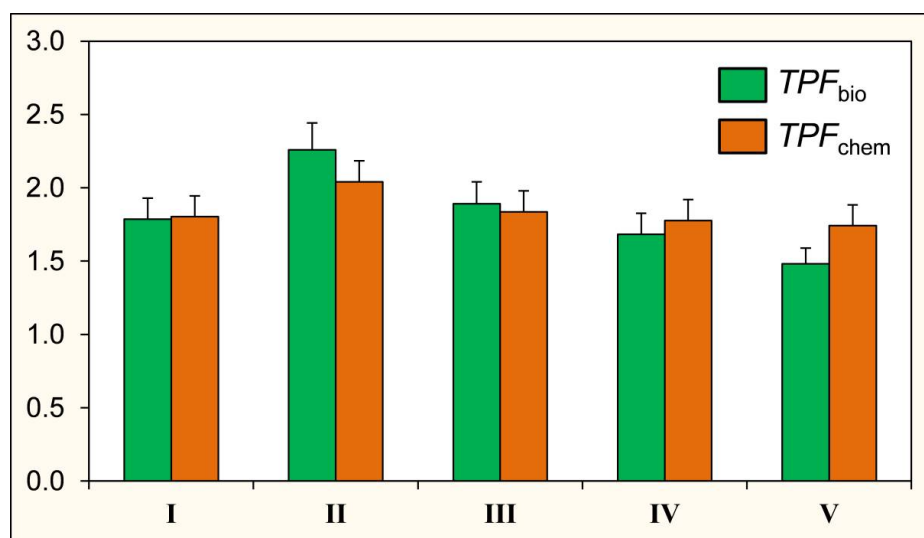
1 и 2 – соответственно ERL_q и ERM_q (см. ВВЕДЕНИЕ)

Рисунок 4.1 – Шкала (номограмма) для определения уровня химического загрязнения донных отложений (индекс TPF_{chem}) по величинам индекса TPF_{bio}

Для иллюстрации применения предлагаемого метода приведем несколько примеров.

1) Ретроспективный анализ видовых списков. Не секрет, что любой список таксонов животных и растений несет некую «зашифрованную» информацию, в частности, о степени загрязнения среды их обитания. Предлагаемый метод, образно говоря, позволяет «подобрать код» к этому шифру.

К.М. Дерюгин и Н.М. Сомова [45] по результатам съемок 1931—1933 гг. выделили на акватории залива Петра Великого (Амурский и Уссурийский заливы, пролив Босфор Восточный) семь «биоценозов», первые пять из которых были локализованы на глубинах до 80 м, что примерно совпадает с глубинами наших сборов (до 65 м). Вычисления показали, что TPF_{bio} и TPF_{chem} у этих агломераций варьировали в пределах соответственно 1,5–2,3 и 1,7–2,0 усл. ед. (рисунок 4.2).



Плankи погрешностей – ошибка репрезентативности

Рисунок 4.2 – Соотношение TPF_{bio} и TPF_{chem} для некоторых «биоценозов» залива Петра Великого, выделенных К.М. Дерюгиным и Н.М. Сомовой [45] по результатам съемок 1931–1933 гг.

Антропогенное загрязнение осадков металлами – ртутью, свинцом, медью и другими элементами – вблизи Владивостока началось в первой половине прошлого века и совпало с началом интенсивного промышленного развития прибрежных территорий [46, 47]. Загрязнение этих районов нефтепродуктами «стартовало» в 40–50-е гг. прошлого столетия, что связано с переходом судов на дизельное топливо [48]. Таким образом, в начале 30-х годов прошлого столетия какое-либо существенное загрязнение осадков вряд ли имело место и, поэтому, полученные максимальные величины TPF_{bio} и TPF_{chem} в 2,3 и 2,0 усл. ед. следует рассматривать в качестве реперных или предельно-допустимых для данной акватории. Необходимо отметить, что примерно на эти значения приходится начало снижения индекса Шеннона-Винера для двустворчатых моллюсков (см. рисунок 1).

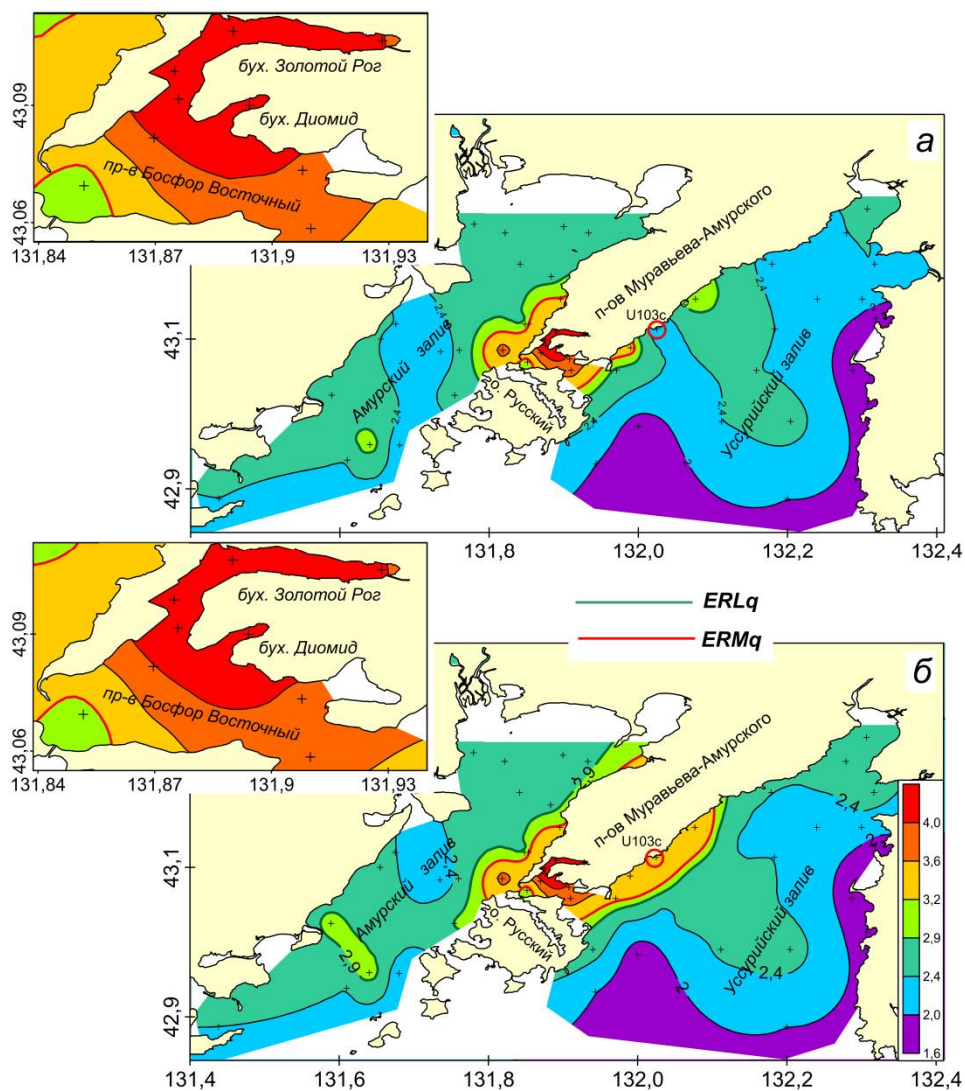
Таким образом, установленная связь TPF_{bio} и TPF_{chem} позволяет получить информацию о загрязнении морской среды из любого списка видов (пока только в заливе Петра Великого на прибрежных акваториях Владивостока). Это, в свою очередь, дает возможность найти ответ на вопрос, когда же антропогенное воздействие достигло уровня, влияющего на видовой состав и, соответственно, структуру донного населения, или когда его воздействие стало «существенным».

2) Коррекция TPF_{chem} по TPF_{bio} . Пространственные вариации степени химического загрязнения грунтов на исследованной в 2016 г. акватории отчетливо проявляются в распределении значений индекса TPF_{chem} (рисунок 4.3). Наиболее благоприятные для биологических объектов условия среды наблюдаются в мористой и восточной части Уссурийского залива ($TPF_{chem} < 2,0$). С продвижением на север и северо-запад TPF_{chem} последовательно возрастает и достигает критических значений вокруг южной оконечности полуострова 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. Изолиния 2,9 (ERL_q , 20% снижение разнообразия двустворчатых моллюсков) показывает границу, за которой начинается область прогрессивной деградации сообществ бентоса, изолиния 3,2 (ERM_q , уменьшение $>54\%$) – область, где прогрессивная деградация заканчивается.

Точки опробования вдоль восточного побережья полуострова Муравьева-Амурского приурочены исключительно к песчаным осадкам с содержанием мелких псаммитов более 90 %, причем станция U103c располагается рядом со старой городской свалкой в бухте Горностай (рисунок 4.3). Хотя эта свалка не эксплуатируется уже более десяти лет и закрыта «саркофагом», низкий уровень химического загрязнения здесь противоречит здравому смыслу и результатам других авторов, которые показывают высокую степень аккумуляции тяжелых металлов в живых организмах, например, в водорослях, вследствие просачивания ЗВ вместе с грунтовыми водами (устное сообщение ст. науч. сотр. ФГБУН «ТИГ» Е.Н. Черновой). Коррекция TPF_{chem} по TPF_{bio} «исправляет» эту ситуацию и показывает, что экологическая обстановка здесь несколько не лучше таковой вдоль западного побережья этого полуострова, где в осадках преобладают мелкие алевриты и пелиты, а высокое содержание ЗВ наблюдается уже на протяжении нескольких десятилетий.

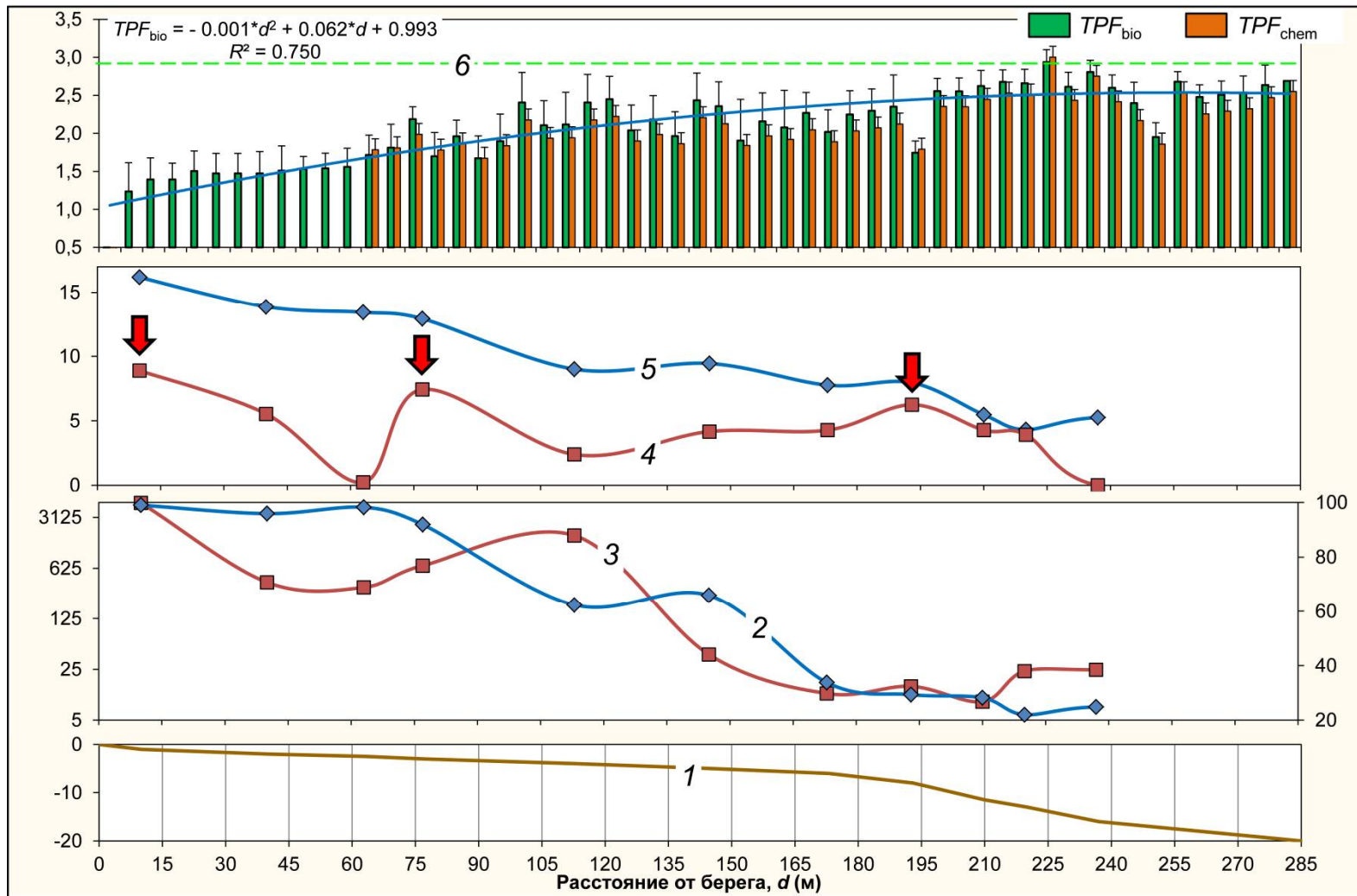
3) Анализ загрязнения прибрежных акваторий. В архиве авторов имеются данные по макрозообентосу ряда прибрежных полигонов (80–90-е годы прошлого века), на которых была детально изучена придонная физическая среда обитания гидробионтов – физико-механические свойства донных отложений, сила и структура водообменных процессов, осадение-взмучивание взвешенного материала и осадка. В то же время,

измерений содержания химических элементов и соединений, за исключением концентраций органического углерода, не производили. При сопоставлении результатов этих исследований с распределением TPF_{bio} и TPF_{chem} можно определить положение и механизмы функционирования «барьера», препятствующего аккумуляции ЗВ на мелководье. Некоторые итоги такого сопоставления для бухты Западной (остров Фуругельма, притуманганская акватория) представлены на рисунке 4.4.



ERL_q и ERM_q – начало и окончание области прогрессивной деградации донного населения
 Рисунок 4.3 – Коррекция TPF_{chem} по TPF_{bio} (песчаные осадки): а и б соответственно до и после внесения исправлений

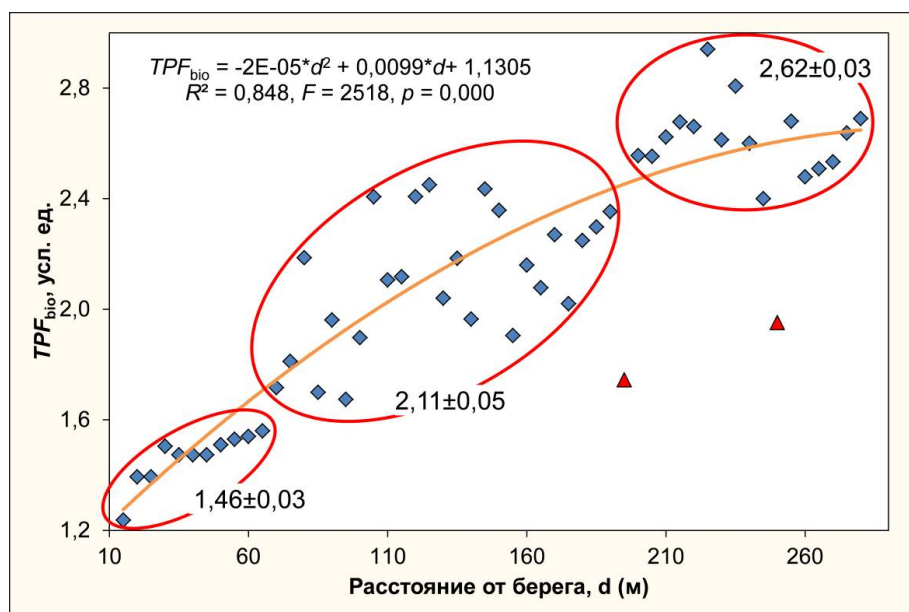
Всего вдоль разреза в бухте Западной было обнаружено 155 видов донных животных, при этом более трети из них – 62 – виды-индикаторы загрязнения. Их число на станциях, располагавшихся каждые 5 м, варьировало от двух до 26, составляя в среднем 13 ± 1 вид (в процентах от общего числа найденных таксонов: $55,2 \pm 1,7$ и $25,0 - 78,8$), причем до 45 м трансекты включительно количество таких животных в точках опробования не превышало пяти. На большинстве же станций число видов-индикаторов составляло десять и более (на 35 из 54) и, следовательно, выборки, использованные для определения TPF_{bio} и



1 – профиль дна, 2 – содержание частиц песчаных фракций (дополнительная ось ординат, %), 3 – сила взмучивания (основная ось ординат, логарифмический масштаб, $\text{г}/\text{м}^2$), 4–5 – соответственно интенсивность общего водообмена в придонном слое и его вертикальной составляющей (усл. ед.; 1–5 – по [49]), 6 – ERL_q , стрелки – проникающее волнение, планки погрешностей – ошибка репрезентативности
 Рисунок 4.4 – Распределение TPF_{bio} , TPF_{chem} и некоторых характеристик придонной физической среды вдоль разреза у острова Фуругельма (волнение 3-4 балла)

TPF_{chem} , были достаточно представительны. Для сравнения – напротив бухты Западной, проливе между материком и островом Фуругельма (станции T17–T19, глубины 21–35 м), соотношение числа видов-индикаторов к общему количеству найденных видов также превышало 55 % (42 к 74, от 18 до 35 видов-индикаторов на станцию). Следует подчеркнуть, что величина TPF_{bio} определяется вариациями доли видов-индикаторов менее чем на 20,0 %, как и сама доля – увеличением расстояния от берега (положительный тренд в обоих случаях; $R^2 = 0,190$ и $0,174$, $p = 0,001$ и $0,002$).

Общая тенденция распределения индексов TPF_{bio} и TPF_{chem} вдоль разреза – увеличение их значений от берега в сторону моря* (рисунок 4.4). Этот рост явно неравномерен, и у TPF_{bio} наблюдаются, по крайней мере, два скачкообразных положительных инкремента – один в области 65–70 м трансекты, второй – в районе 190–200 м, составляющих по отношению к исходному значению 44,5 и 24,2 % (рисунок 4.5). Эти приращения явно выше таковых, которые должны были бы иметь место в результате увеличения доли видов-индикаторов в точках опробования и, следовательно, наличие этих инкрементов является объективным.



Цифры на диаграмме – среднее значение ± ошибка репрезентативности, красные треугольники – выбранные значения TPF_{bio} , R^2 – коэффициент детерминации, F – критерий Фишера, p – вероятность справедливости H_0

Рисунок 4.5 – Зависимость индекса TPF_{bio} от расстояния от берега

Первый инкремент приурочен ко второй области разрушения волнения (из трех зафиксированных при данной гидродинамической ситуации) и началу снижения содержания частиц песчаных фракций, второй – к первой области разрушения волн и

* Вычисление TPF_{chem} оказалось возможным только после 65 м трансекты, поскольку ближе к берегу значения TPF_{bio} (1,24–1,56 усл. ед.) были ниже минимальной границы его области определения (рисунок 4.1).

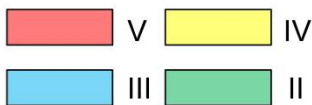
перегибу донного профиля, где формирование такой зоны почти облигатно при любых, кроме, вероятно, штилевых условий [49]. Естественно, проникающее волнение интенсифицирует эрозию склона и, соответственно, процессы взмучивания донных отложений, иными словами – их сортировку, вымывание илесто-глинистых (алевропелитовых) частиц в сторону открытого моря (по современным представлениям о циркуляции воды в вертикальной плоскости прибрежной зоны), а именно такие частицы аккумулируют все типы ЗВ в наибольшей степени. Таким образом, «барьерами» для накопления загрязнителей на мелководье являются, прежде всего, области проникающего волнения и сам характер движения воды в прибрежной зоне моря. Более детальный анализ данных закономерностей явно выходит за рамки настоящего Отчета; подробнее познакомиться с этими процессами можно в монографии автора [49].

4) Изменчивость сообществ макрозообентоса: причины и прогноз. Данный пример иллюстрирует, главным образом, применение классификации таксонов макрозообентоса по отношению к уровню загрязнения, полученной в разделе 3.1. С ее помощью можно довольно легко объяснить изменения в сообществах макрозообентоса прибрежной зоны Владивостока.

В сильно поврежденных местообитаниях – бухтах Золотой Рог и Диомид – сообщество донных животных весьма стабильно, но представлено только экстремально-толерантными по отношению к загрязнению эврибионтными видами-оппортунистами первого порядка. Данная ассоциация находится в экологически плохом или обедненном состоянии и является «физически контролируемой» [см. 11, 42] на фоне крайне высокой концентрации органического углерода и «закритических» значениях TPF_{chem} ($\gg ERM_q$; рисунок 4.6). Это группировка полихет *A. pacifica* + *C. capitata*, к которым в разные годы «добавляются» другие многощетинковые черви – *Sch. japonica*, *Nereis* sp., *C. cincta*, *C. cyclurus*.

По соседству, в проливе Босфор Восточный, обитает сообщество, практически не имеющее постоянного состава доминантных (титulyных) видов, среди которых «облигатным» является только толерантный по отношению к загрязнению оппортунистический (II порядка) многощетинковый червь *L. longifolia*. В разные годы пролив населяли группировки гастропод и двустворчатых моллюсков *P. argentata* + *M. scarlatoi* (2001 г.), змеехвостки *O. sarsii* + *A. pacifica* (2016 г.), *L. longifolia* + *O. sarsii* + *M. sarsi* и *L. longifolia* + *M. scarlatoi* (2019 г.). Большинство из этих животных являются эврибионтными организмами, а отношение к уровню загрязнения – обычно не ниже толерантного (кроме *O. sarsii*). Показатель экологического стресса этих сообществ заметно меняется из года в год, отражая их «разбалансированное» или переходное состояние.

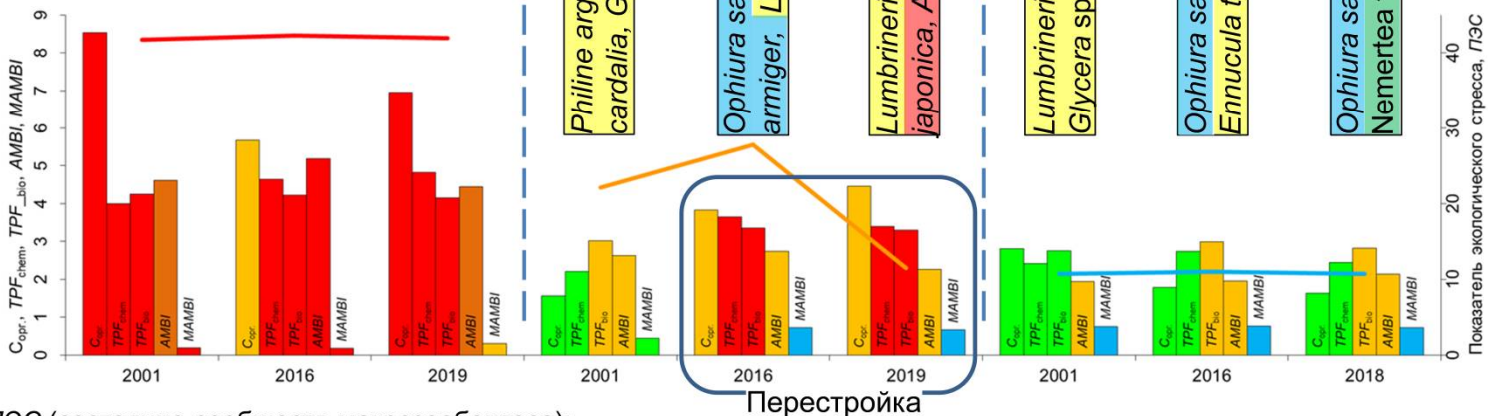
Группы макрозообентоса по отношению к уровню загрязнения:



Aphelochaeta pacifica,
Capitella capitata



В разные годы к ним присоединяются:
Schistomeringos japonica, *Nereis sp.*,
Chone cincta, *Cheilonereis cyclurus*



ПЭС (состояние сообществ макрозообентоса):

1 2 3 – соответственно физически контролируемое, переходное, биологически сбалансированное

Чем теплее цвет, тем хуже состояние, а параметры среды принимают «закритические» значения

Рисунок 4.6 – Факторы среды, состав и состояние сообществ макрозообентоса на прибрежных акваториях Владивостока

Развитие той или иной ассоциации, судя по изменению комплекса факторов, представленного на рисунке 4.6, «провоцируется» изменениями в эвтрофикации (содержании органического углерода), а увеличение уровня загрязнения «ответственно» за добавление к доминантам видов-оппортунистов I порядка – *A. pacifica*, *Sch. japonica*, других многощетинковых червей – *Notomastus latericeus* и иных животных сходной экологической валентности.

В этом отношении интересно массовое развитие *S. armiger*, отмеченное на этой акватории в 2016 и 2019 гг., т.е. в период наибольшей эвтрофикации, и который был малозаметен в начале тысячелетия. Этот вид дает вспышки плотности поселения при умеренном повышении содержания $C_{орг.}$, но по отношению к загрязнению относится к умеренно-толерантным эврибионтным организмам. Вспышка численности другого массового вида – *O. sarsii*, такого же, как и *S. armiger* по отношению к загрязнению, но индифферентного в отношении $C_{орг.}$ – наблюдалась в 2016 г., но к 2019 г. его обилие снизилось в разы и он «исчез» из группы видов, доминантных по плотности. Судя по всему, изменения обилия перечисленных и многих других видов (колебания их численности еще предстоит проанализировать) демонстрируют так называемые «волны жизни», причиной которых являются, главным образом, изменения факторов среды, в данном случае – загрязнения и эвтрофикации.

Относительно стабильные «биологически сбалансированные» сообщества с хорошим экологическим статусом формируются при «докритических» $TPF_{chem} (<ERL_q)$, невысоких концентрациях $C_{орг.}$ в слегка нарушенных биотопах Амурского и Уссурийского заливов. Обязательные доминанты здесь представлены все теми же *L. longifolia* и *O. sarsii*, дважды в число таких видов входили *S. armiger* и *M. sarsi*. При этом на фоне последовательного снижения содержания $C_{орг.}$ появлялись все более «чистоплюбивые» таксоны – *A. insignis* и немуртины (у последних – по кривой отклика для плотности).

В период 2001–2019 гг. в бухтах Золотой Рог и Диомид, судя по снижению индекса *AMBI* и увеличению *M-AMBI*, было отмечено некоторое улучшение экологического состояния среды обитания и статуса самого донного населения [9]. Однако о реальном начале очищения этой акватории можно будет говорить лишь при появлении и массовом развитии оппортунистов второго порядка и, прежде всего, *L. longifolia*, встречаемость которого в настоящее время ограничено акваторией пролива Босфор Восточный.

Таким образом, изменение содержания органического углерода, скорее всего, является своего рода «сигналом» к изменению состава доминантов, а химическое загрязнение ограничивает пределы этих вариаций в соответствие со степенью толерантности животных к этому фактору. Естественно, первыми на изменения среды

обитания откликаются наиболее эврибионтные животные, способные в короткий период времени «освоить» пригодные для них новые экологические ниши.

Итак, в ходе выполнения НИР была разработана классификации донных животных по отношению к загрязнению и, с ее помощью, создан абсолютно новый метод определения уровня химического загрязнения среды на основе выделения видов-индикаторов. Предлагаемый метод позволяет решать широкий круг вопросов, получить ответы на которые ранее не представлялось возможным:

- восстанавливать последовательность изменений в силе антропогенного воздействия в периоды, когда анализ содержания загрязняющих веществ еще не производили;
- корректировать уровень химического загрязнения;
- исследовать процессы аккумуляции ЗВ в самой прибрежной части моря, где анализ загрязнения не был выполнен по объективным причинам.

Кроме того, полученная классификация способствует облегчению интерпретации наблюдаемых изменений состава и структуры донного населения на акваториях, подверженных жесткому антропогенному стрессу, обуславливающему накопление ЗВ и эвтрофикацию. Следует подчеркнуть, что «устойчивые» результаты использования данного метода можно гарантировать только на прибрежных акваториях Владивостока, а для «пространственного» расширения области его применения требуются дополнительные исследования, включая экспедиционные, и соответствующая верификация на основе тщательного статистического анализа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Запланированные на 2021 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 видовому составу макрозообентоса, гранулометрическому составу грунта, содержанию приоритетных ЗВ (углеводороды, пестициды, фенолы, медь, свинец) и органического углерода в осадках для акватории к северу от устья реки Туманной, заливам Посыета, Стрелок, Амурский, Уссурийский, проливу Босфор Восточный, бухтам Рифовая, Золотой Рог и Диомид (экспедиции 1992–2019 гг.). Кроме того, на основе частоты встречаемости выбраны донные животные, перспективные для биоиндикации загрязнения (всего 212 таксонов).

2) Разработан алгоритм для анализа распределения животных вдоль градиента общего загрязнения донных отложений (модели eNOF; индекс химического загрязнения осадков TPF_{chem}). С его помощью выполнено статистическое исследование распределений встречаемости и плотности поселения видов и таксонов более высокого ранга макрозообентоса, в результате которого получены параметры, необходимые для разработки индекса, характеризующего уровень загрязнения, и создана классификация донных животных по отношению к этому уровню.

3) Эта классификация подразделяет макрозообентос на пять групп животных – крайне и сильно чувствительных, а также умеренно толерантных, толерантных и экстремально толерантных к загрязнению (I–V, соответственно). Все они по отношению к контаминации могут быть стенобионтами, стено-эврибионтами и эврибионтами. В группах I и II преобладают стенобионты, в группах IV и V – эврибионты (оппортунисты II и I порядка), в группе III доля разных по бионтности организмов примерно одинакова. Полученная классификация облегчает интерпретацию изменений состава и структуры донного населения на акваториях, подверженных жесткому антропогенному стрессу.

4) На основе результатов моделирования и полученной классификации таксонов макрозообентоса разработан индекс TPF_{bio} , вычисляемый как усреднённый оптимум встречаемости и плотности поселения видов-индикаторов вдоль градиента загрязнения (TPF_{chem}) по средним величинам этих параметров внутри выделенных групп животных (I–V).

5) Выполненные аналитические процедуры позволили разработать абсолютно новый метод оценки степени загрязнения морской среды с использованием макрозообентоса. Основой предлагаемого метода является шкала (номограмма) для определения уровня

химического загрязнения донных отложений на основе оптимумов кривых отклика видов и таксонов более высокого ранга макрозообентоса. Эта номограмма представляет собой зависимость TPF_{chem} от TPF_{bio} и состоит из двух кривых. Первая из них предназначена для определения величин TPF_{chem} по значениям TPF_{bio} (грунты, содержащие более 10–12 % частиц <0,05 мм), вторая – для коррекции TPF_{chem} по TPF_{bio} для грунтов с более низкой концентрацией частиц указанных размерностей (крупноалевритовые, песчаные и более грубые осадки). Обработке могут быть подвергнуты любые списки видов и, что особенно важно, не включающие количественные характеристики.

б) Предлагаемый метод позволяет восстанавливать последовательность изменений в силе антропогенного воздействия в периоды, когда анализ содержания загрязняющих веществ еще не производили; корректировать уровень химического загрязнения; изучать процессы аккумуляции ЗВ в самой прибрежной части моря, где анализ загрязнения не был выполнен по объективным причинам. Необходимо подчеркнуть, что «устойчивые» результаты использования данного метода можно гарантировать только на прибрежных акваториях Владивостока, а для «пространственного» расширения области его применения требуются дополнительные исследования, включая экспедиционные, и соответствующая верификация на основе тщательного статистического анализа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 2000/60/EC. Water Framework Directive. — 2000. — URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32000L0060> (дата обращения 16.11.2021).
2. 2008/56/EC. Marine Strategy Framework Directive. — 2008. — URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0056> (дата обращения 16.11.2021).
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Отчет ФГБУ «ДВНИГМИ» «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 AMBI и M-AMBI (Azti Marine Biotic Index и Multivariate Azti Marine Biotic Index) для залива Петра Великого Японского моря». — 2020. — 120 с. — URL: http://ferhri.org/images/stories/FERHRI/NIR/Otchety/otchet_463_moschenko.pdf (дата обращения 22.11.2021).
10. Мощенко А.В., Белан Т.А., Борисов Б.М., Лишавская Т.С., Севастьянов А.В.

Адаптация метода оценки качества морской среды по данным биологического анализа на основе индексов АМВІ и М-АМВІ для залива Петра Великого Японского моря // Труды ДВНИГМИ. — 2021. — Вып. 156. — С. 142—181.

11. Отчет ФГБУ «ДВНИГМИ» «Совершенствование методических основ мониторинга состояния морской среды. Систематизированные данные по факторам среды и общим характеристикам сообществ макрозообентоса». — 2021. — 108 с.

12. 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.

13. Мощенко А.В., Белан Т.А., Борисов Б.М., Лишавская Т.С., Севастьянов А.В. Основные тенденции временного хода концентраций приоритетных поллютантов в осадках прибрежных акваторий Владивостока (залив Петра Великого Японского моря) // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 2. — С. 440—457.

14. Belan T.A., Moshchenko A.V. Polychaete taxocenosis 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.

15. 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.

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

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

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

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

20. 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.

21. Мощенко А.В., Белан Т.А. Метод оценки антропогенного нарушения сообществ макрозообентоса рыхлых грунтов // Биол. моря. — 2008. — Т. 34, № 4. — С. 279—292.

22. 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.
23. 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.
24. Jansen J. Hierarchical species response curves in package eHOF — 2017. — P. 1—8 — URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/eHOF/vignettes/eHOF.pdf> (дата обращения 10.11.2020).
25. Package ‘eHOF’ — 2020. — P. 1—13. — URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/eHOF/eHOF.pdf> (дата обращения 16.11.2021).
26. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R. — Тольятти: Кассандра, 2013. — 314 с.
27. Кабаков Р.И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R. — М.: ДМК Пресс, 2014. — 588 с.
28. Шипунов А. Б., Коробейников А. И., Балдин Е. М. Анализ данных с R (II). — URL: <https://www.inp.nsk.su/~baldin/DataAnalysis/R/R-07-datamining.pdf> (дата обращения 16.11.2021).
29. Ким Дж., Клекка У.Р., Мьюлер К.У. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. — М.: Финансы и статистика, 1989. — 312 с.
30. UNEP: Statistical analysis and interpretation of marine community data: Reference methods for Marine Pollution Studies. — 1995. — № 64. — 75 p.
31. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA® — Статистический анализ и обработка данных в среде Windows®. — М.: Инф.-издат. дом «Филинь», 1998. — 608 с.
32. Package ‘AID’. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/AID/AID.pdf> (дата обращения 16.11.2021).
33. Мастицкий С.Э., Шитиков В.К. (2014) Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. — URL: <http://r-analytics.blogspot.com> (дата обращения 16.11.2021).
34. Moshchenko A.V., Belan T.A., Oleynik E.V. Influence of contamination on soft-bottom communities in Peter the Great Bay, Sea of Japan: choice of variables // *Ecological studies and the state of the ecosystem of Amursky Bay and the estuarine zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan)*. — Vladivostok: Dalnauka, 2009. — Vol. 2. — P. 173–204.
35. Дж. Тьюки. Анализ результатов наблюдений. — М.: Мир, 1981. — 696 с.
36. Van Loon W.M.G.M., Boon A.R., Gittenberger A., Walvoort D.J.J., Lavaleye M., Duineveld, G.C.A. Verschoor A.J. Application of the Benthic Ecosystem Quality Index 2 to benthos in Dutch transitional and coastal waters // *Journal of Sea Research*. — 2015. — Vol. 103. — P. 1—13.

37. Simboura N., Reizopoulou S. An intercalibration of classification metrics of benthic macroinvertebrates in coastal and transitional ecosystems of the Eastern Mediterranean ecoregion (Greece) // *Mar. Pollut. Bull.* — 2008. — Vol. 56. — P. 116—126.

38. Borja A., Dauer D., Diaz R., Llanso R.J., Muxika I., Rodriguez J.G., Schaffner L. Assessing estuarine benthic quality conditions in Chesapeake Bay: A comparison of three indices // *Ecological Indicators.* — 2008. — Vol. 8, Iss. 4. — P. 395—403.

39. Borja A., Josefson A.B., Miles A., Muxika I., Olsgard F., Phillips G., Rodriguez G., Rygg B. An approach to the intercalibration of benthic ecological status assessment in the North Atlantic ecoregion, according to the European Water Framework Directive // *Mar. Pollut. Bull.* — 2007. — Vol. 55. — P. 42—52.

40. Llanso R.J., Scott L.C., Dauer D.M., Hyland J.L., Russell D.E. An estuarine benthic index of biotic integrity for the mid-Atlantic region of the United States. I. Classification of assemblages and habitat definition // *Estuaries.* — 2002. — Vol. 25. — P. 1219—1230.

41. Simboura N., Zenetos A. Benthic indicators to use in Ecological Quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic Index // *Mediterranean Marine Science.* — 2002. — Vol. 3/2. — P. 77—111.

42. Отчет ФГБУ «ДВНИГМИ» «Совершенствование методических основ мониторинга состояния морской среды. Предложения по установлению граничных критериев для оценки классов состояния морской среды на базе одного или комплекса биологических параметров с учетом передового международного опыта». — 2020. — 167 с. — URL: http://ferhri.org/images/stories/FERHRI/NIR/Otchety/otchet_462_moschenko.pdf (дата обращения 22.11.2021).

43. Мастицкий С.Э., Шитиков В.К. (2014) Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. — URL: <http://r-analytics.blogspot.com> (дата обращения 16.11.2021).

44. Лихт Ф.Р., Астахов А.С., Боцул А.И., Деркачев О.В., Марков Ю.Д., Уткин И.В. Структура осадков и фации Японского моря. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. — 287 с.

45. Дерюгин К.М., Сомова Н.М. Материалы по количественному учету бентоса зал. Петра Великого (Японское море) // *Исслед. дальневост. морей СССР.* — М.; Л.: АН СССР, 1941. — Вып. 1. — С. 13—36.

46. Аксентов К.И. Ртуть в абиотических компонентах экосистемы залива Петра Великого // *Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря.* — М.: ГЕОС, 2008. — С. 173—184.

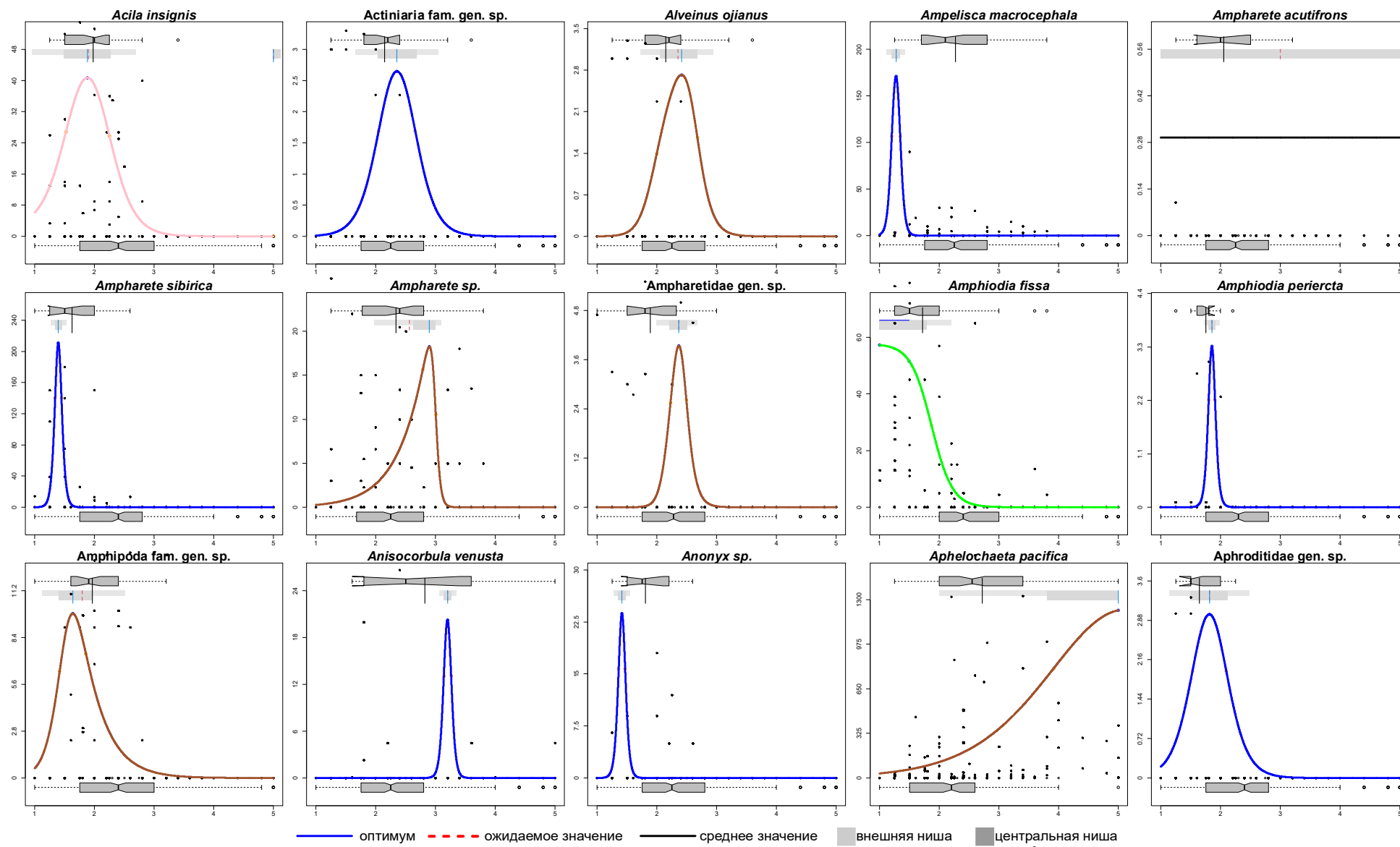
47. Поляков Д.М. Накопление тяжелых металлов донными осадками Амурского залива (Японское море) // *Современное состояние и тенденции изменения природной*

среды залива Петра Великого Японского моря. — М.: ГЕОС, 2008. — С. 163—173.

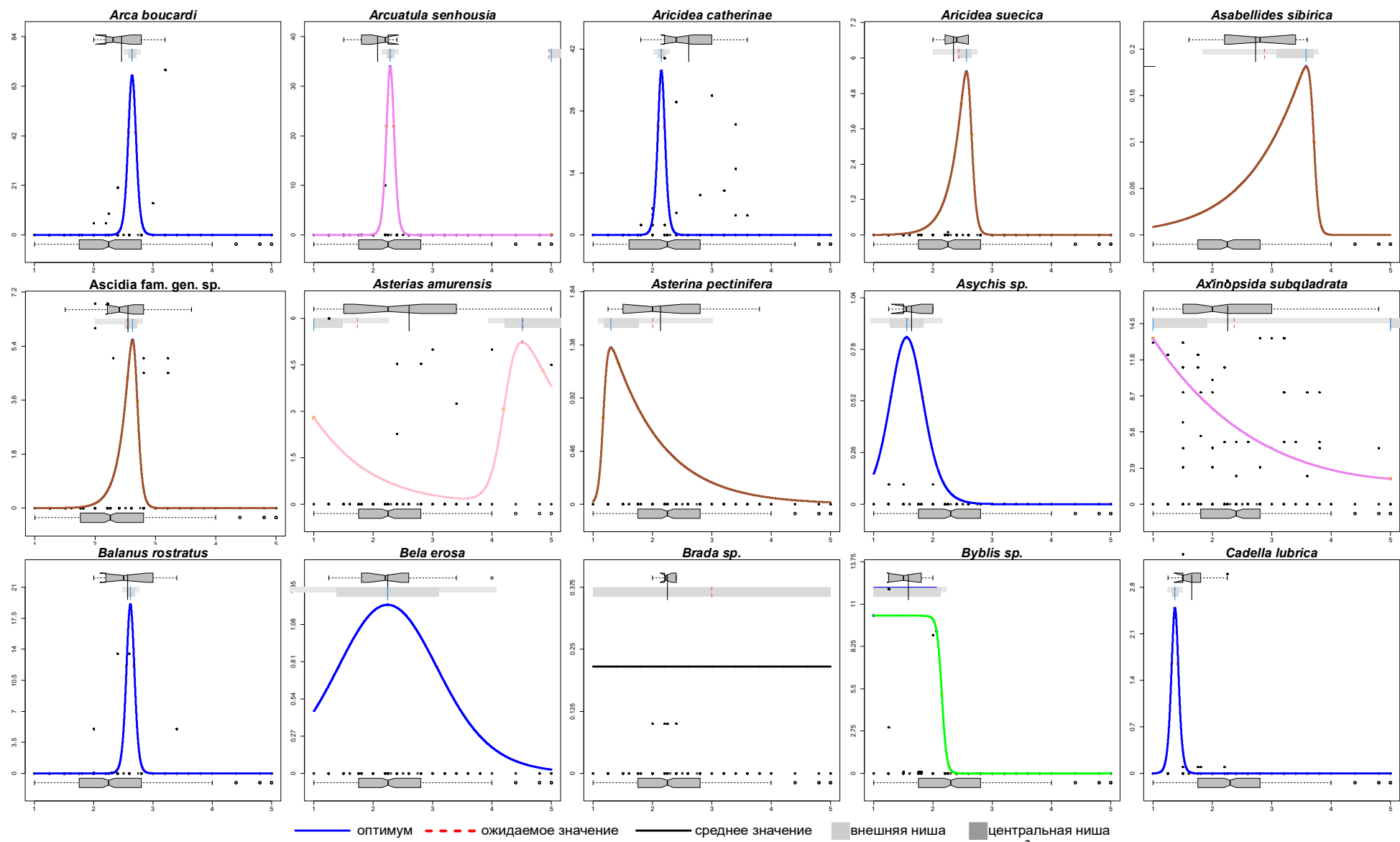
48. Шорников Е.И., Зенина М.А. Остракоды как индикаторы состояния и динамики водных экосистем (на примере залива Петра Великого Японского моря). — Владивосток: Дальнаука, 2014. — 334 с.

49. Мощенко А.В. Роль микромасштабной турбулентности в распределении и изменчивости бентосных животных. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — 321 с.

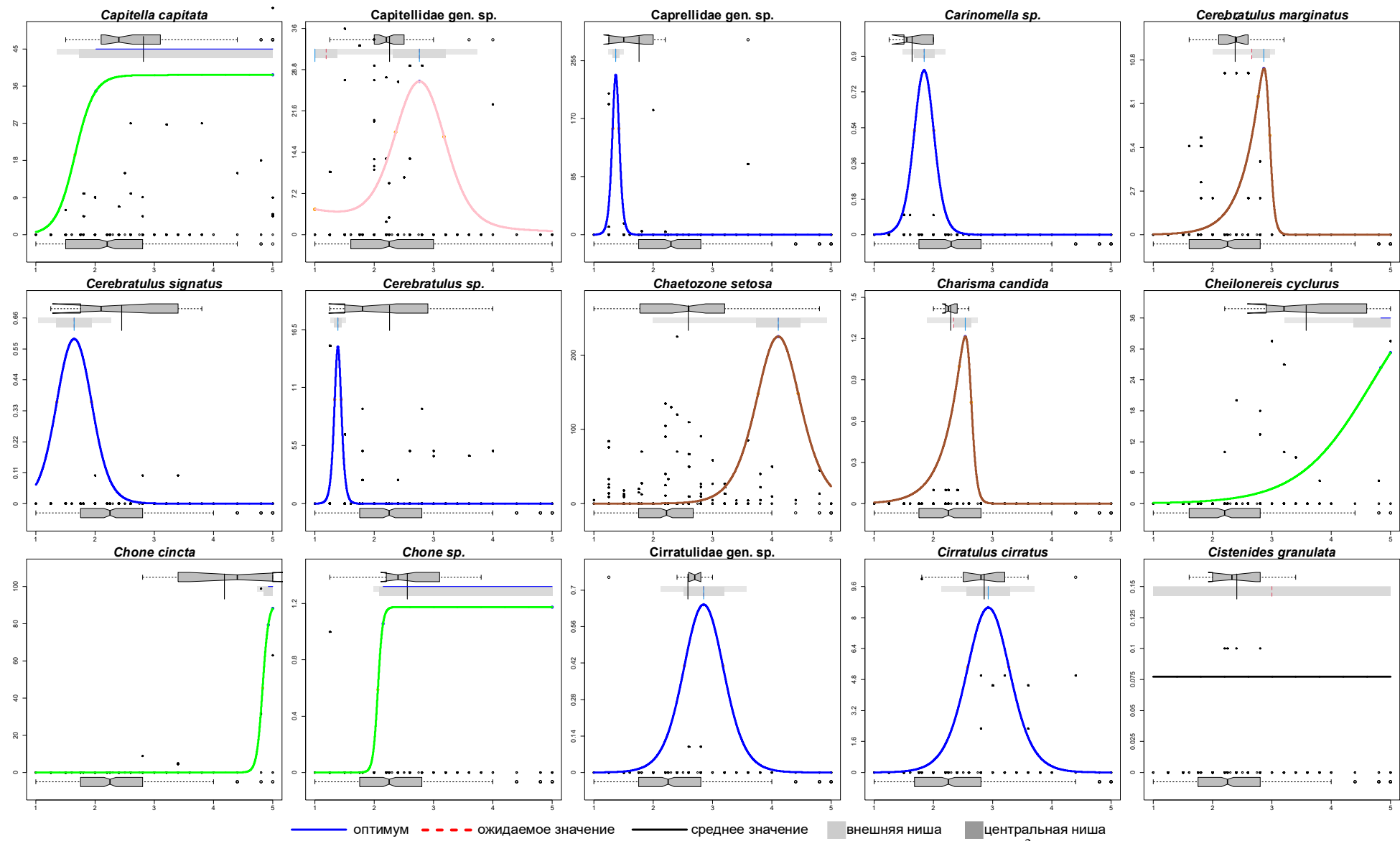
ПРИЛОЖЕНИЕ А
Результаты моделирования, классификации таксонов макрозообентоса по отношению к общему уровню загрязнения, параметры и некоторые характеристики кривых отклика



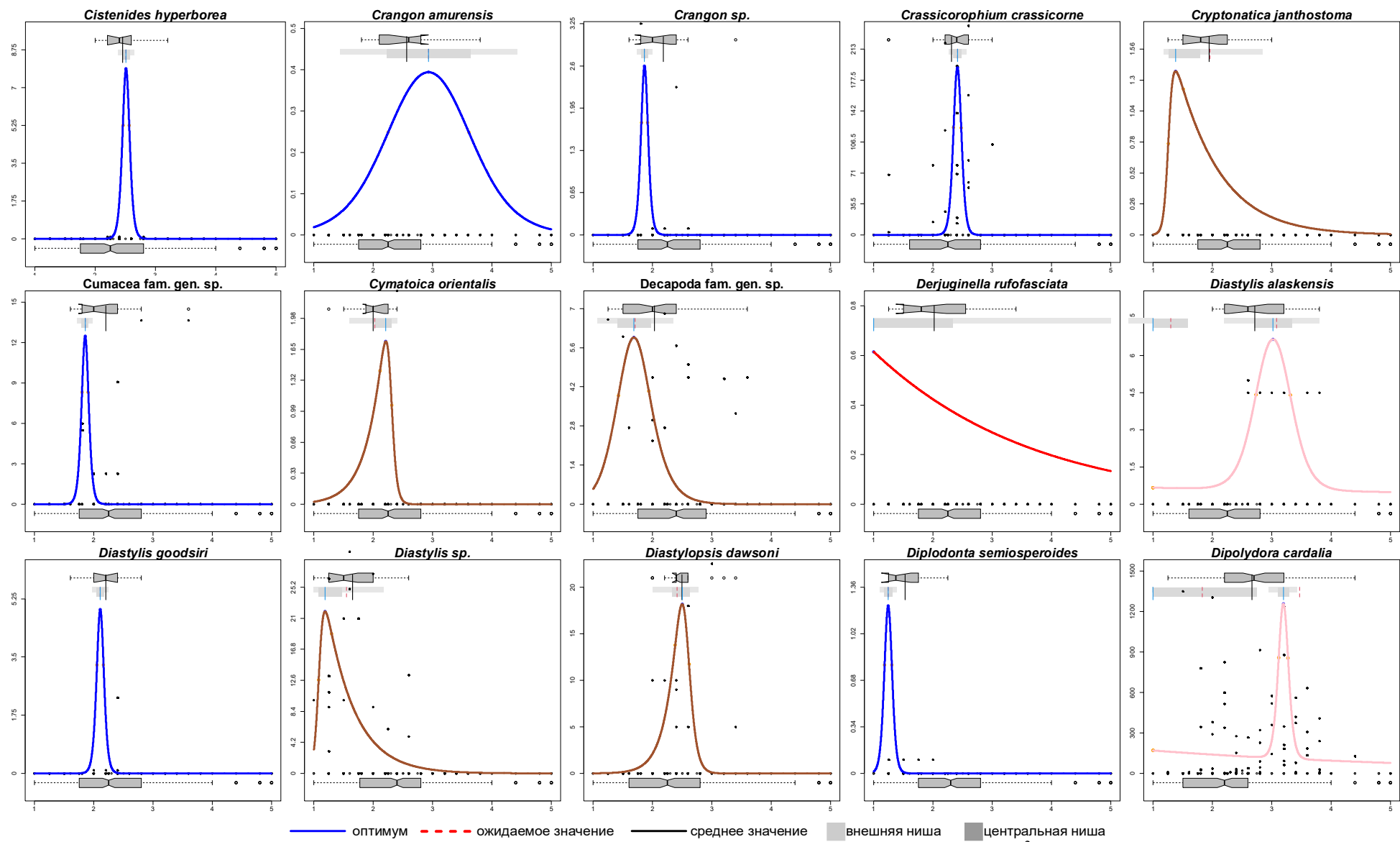
Ось абсцисс – *ТПФ* (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./м²)
 Рисунок А.1 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



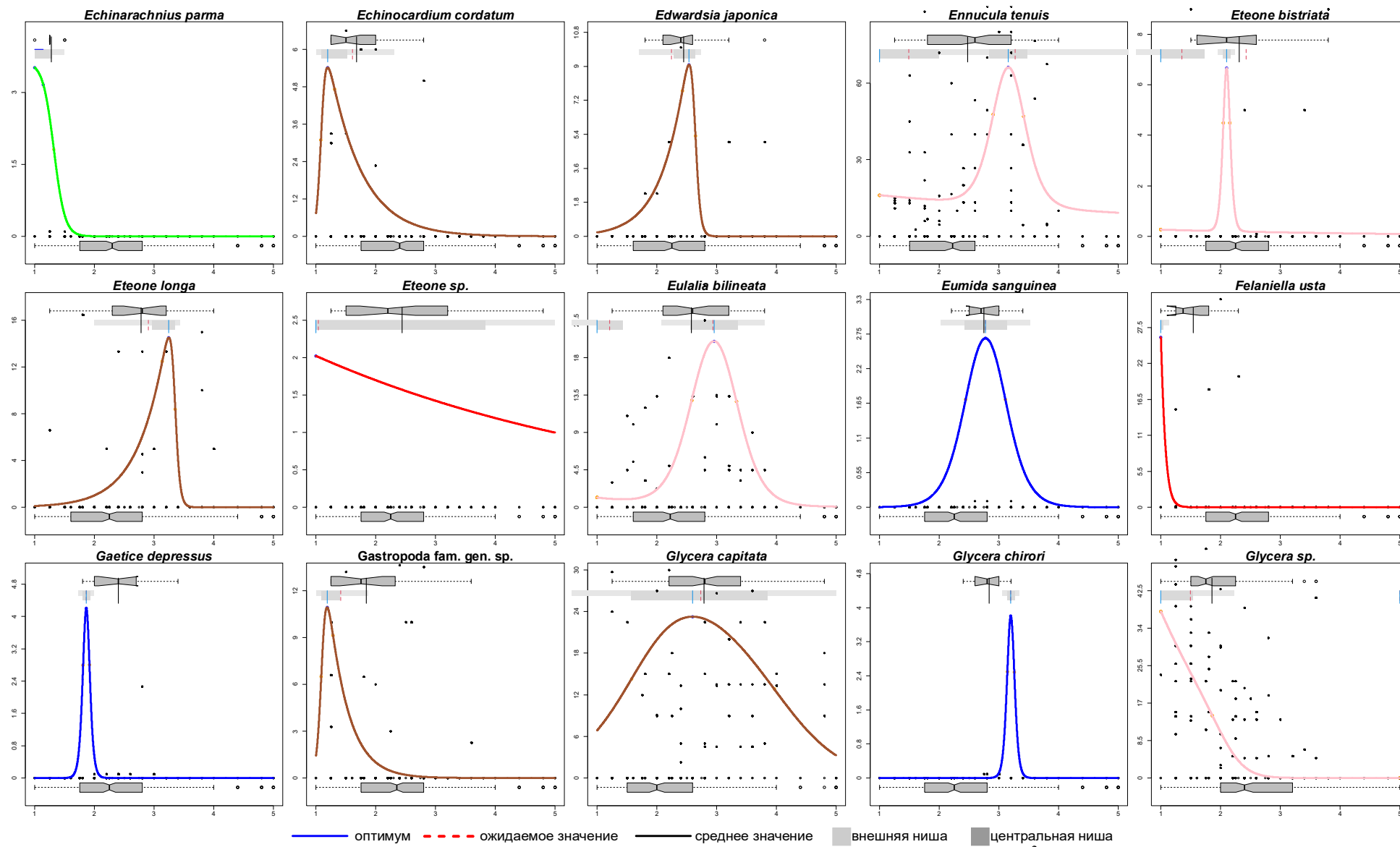
Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./м²)
 Рисунок А.2 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



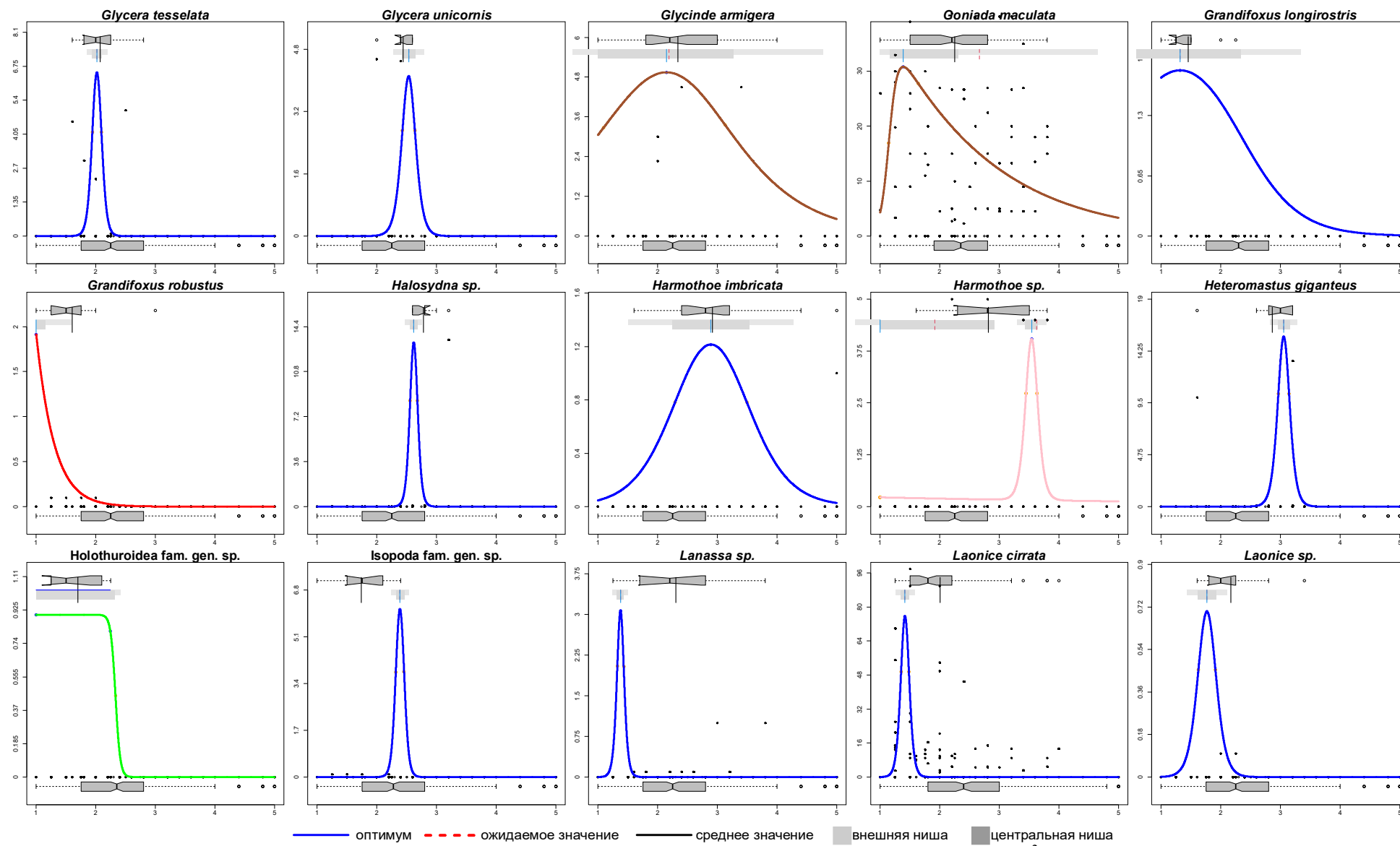
Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./м²)
 Рисунок А.3 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./м²)
 Рисунок А.4 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./м²)
 Рисунок А.5 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./м²)
 Рисунок А.6 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения

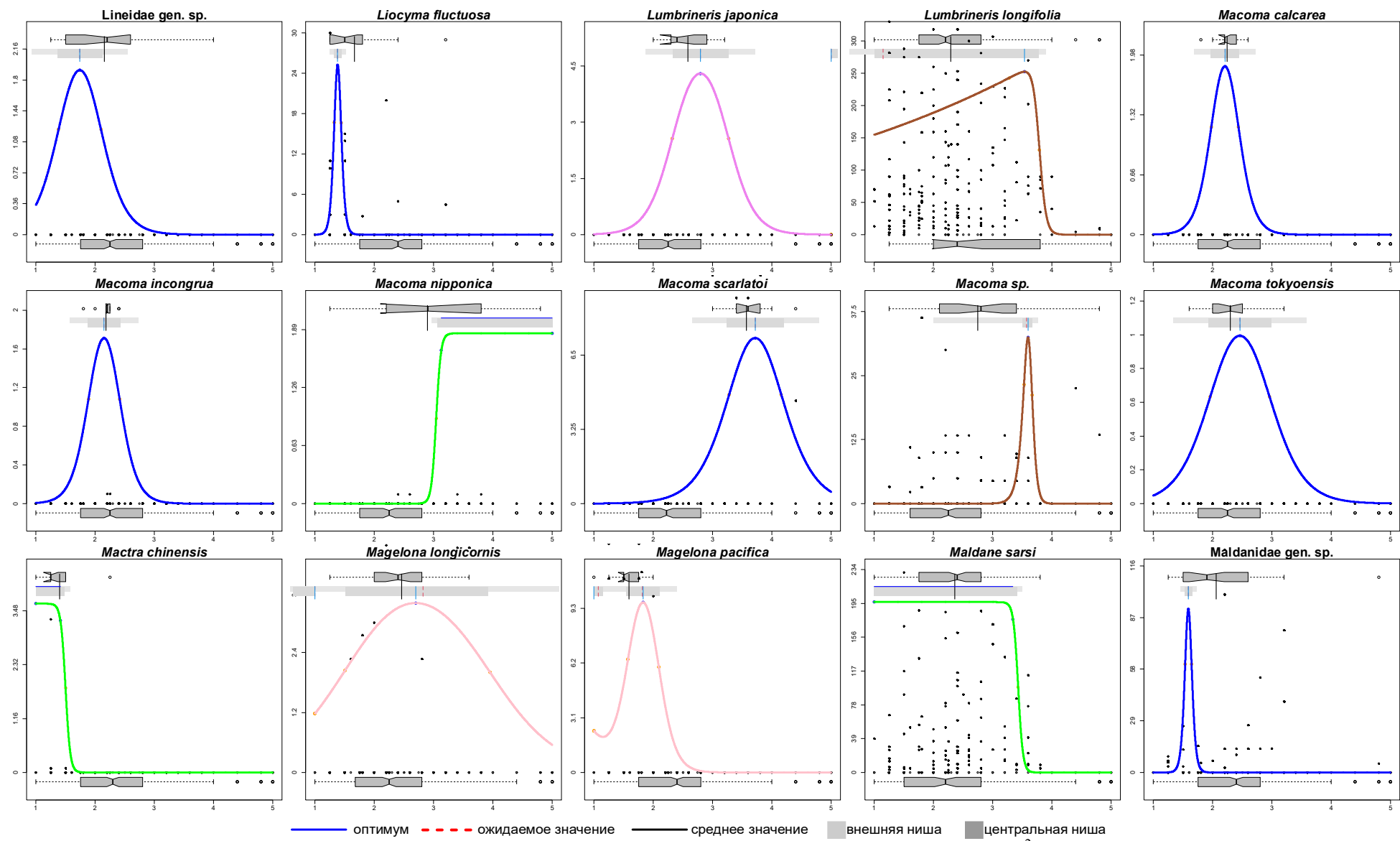
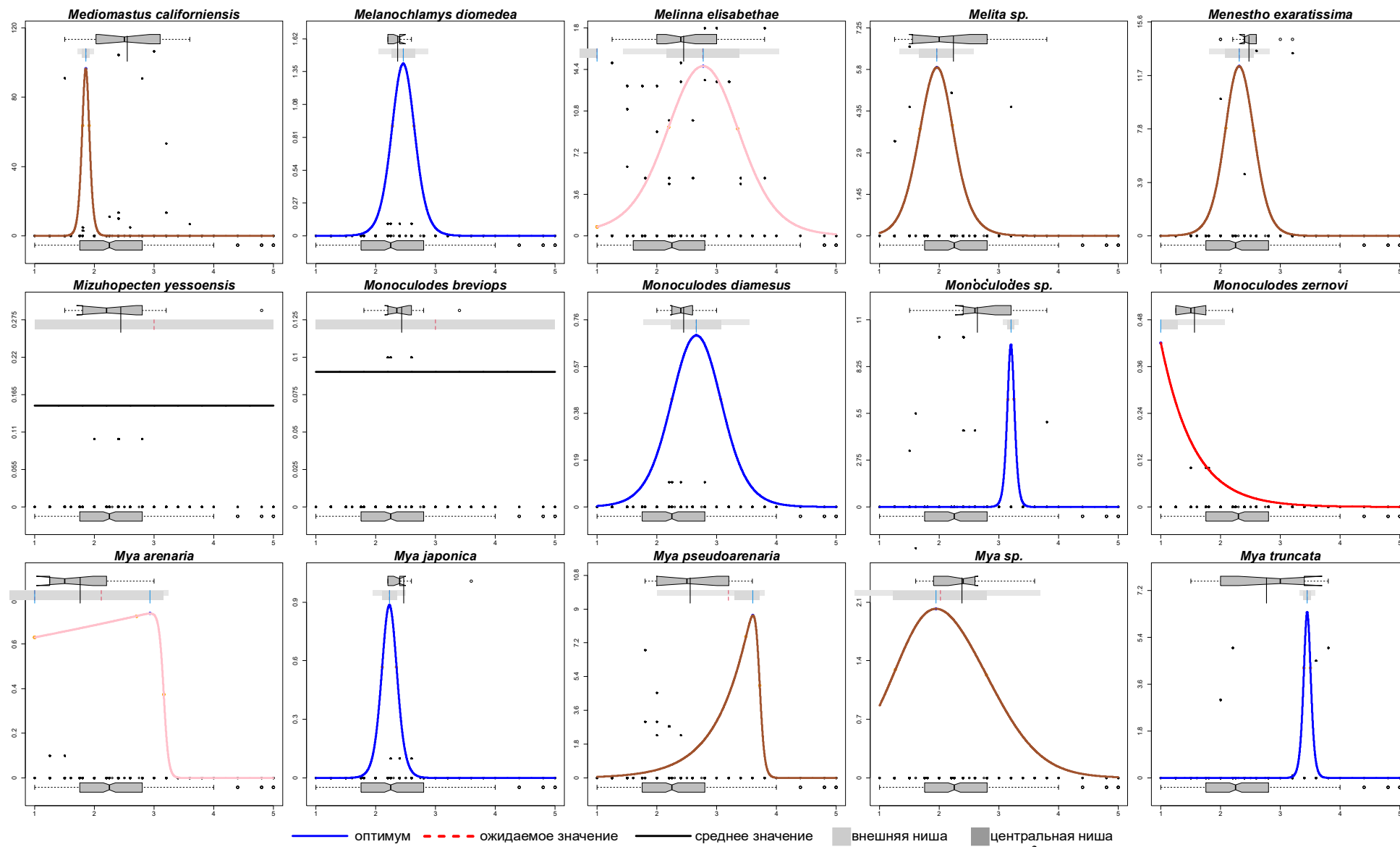
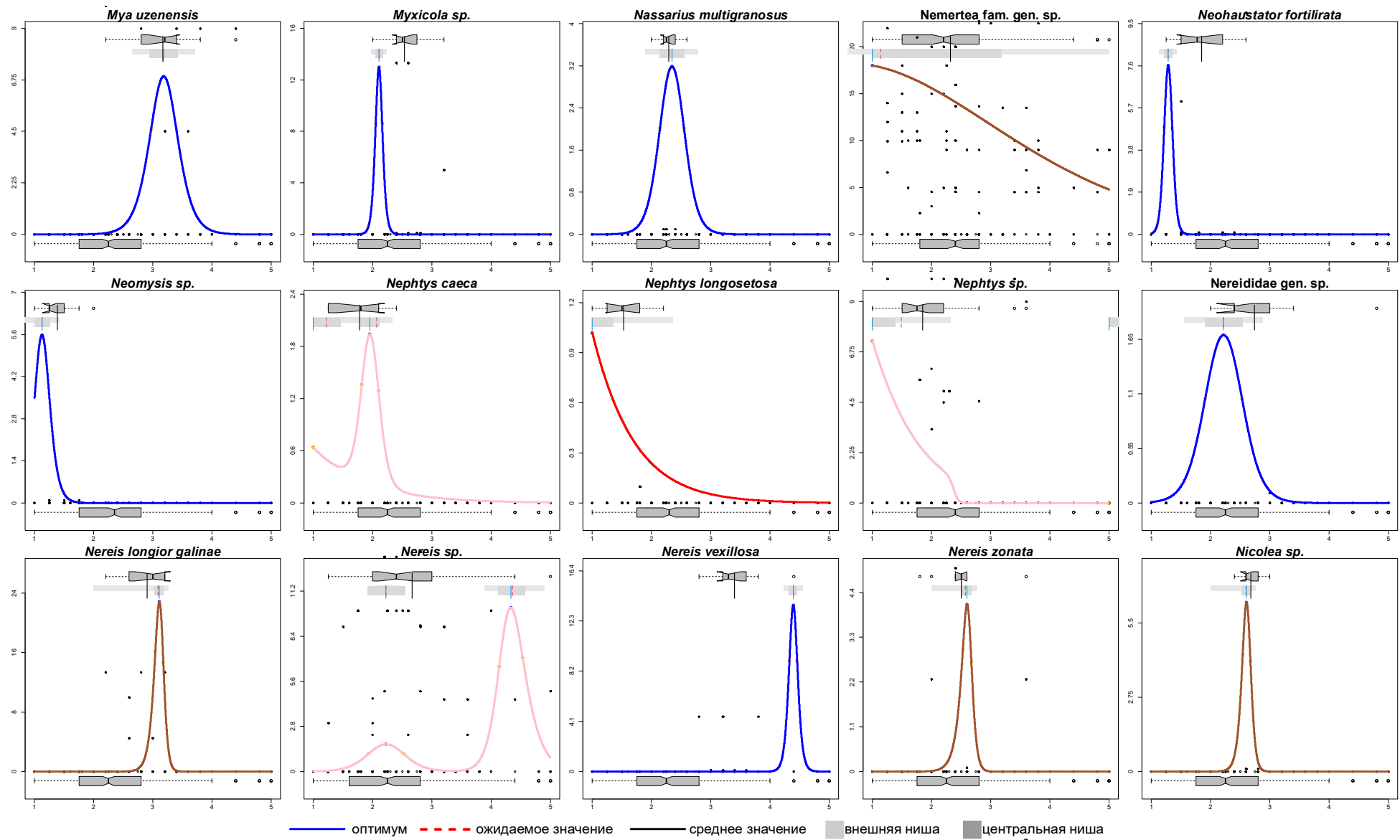


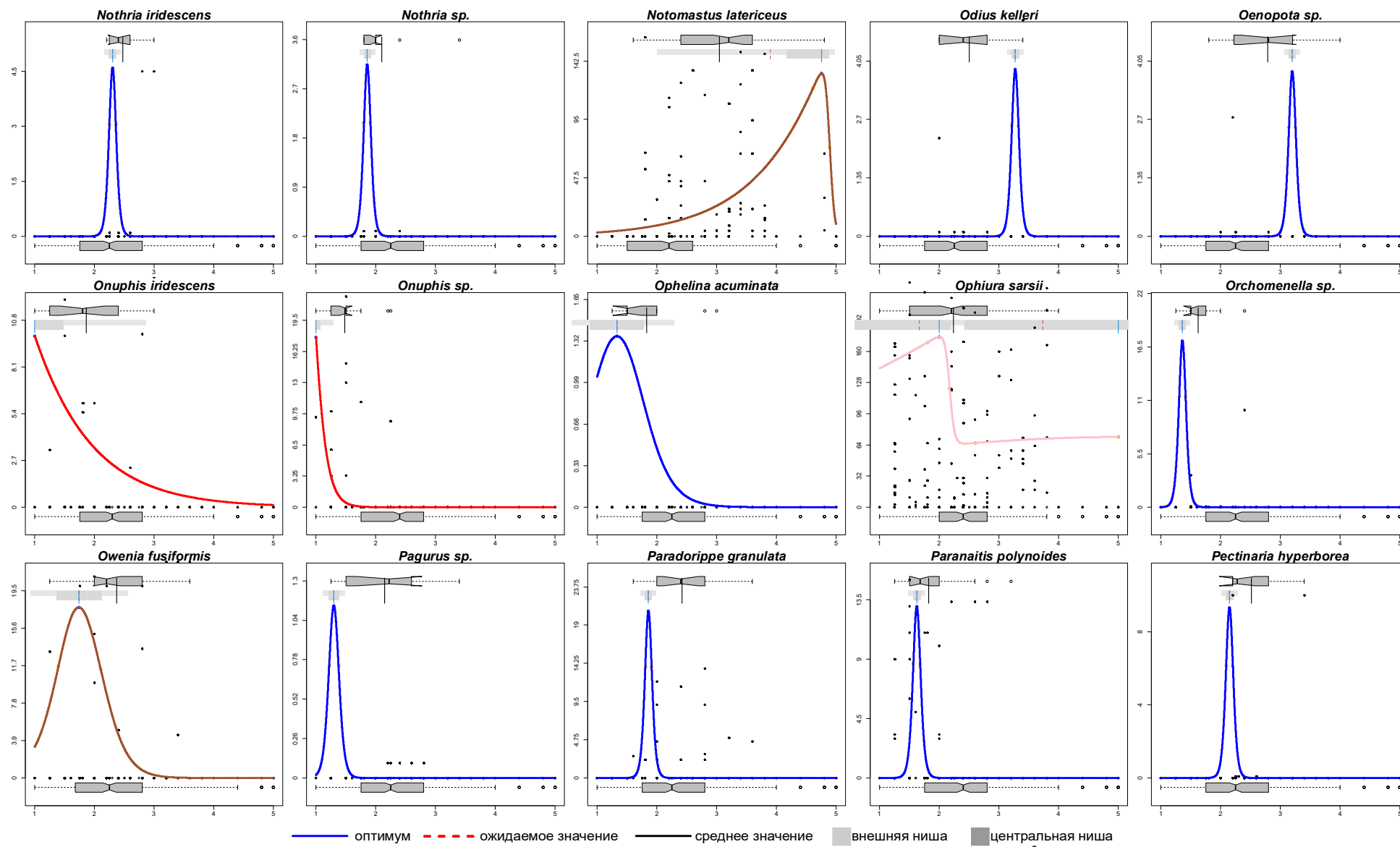
Рисунок А.7 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



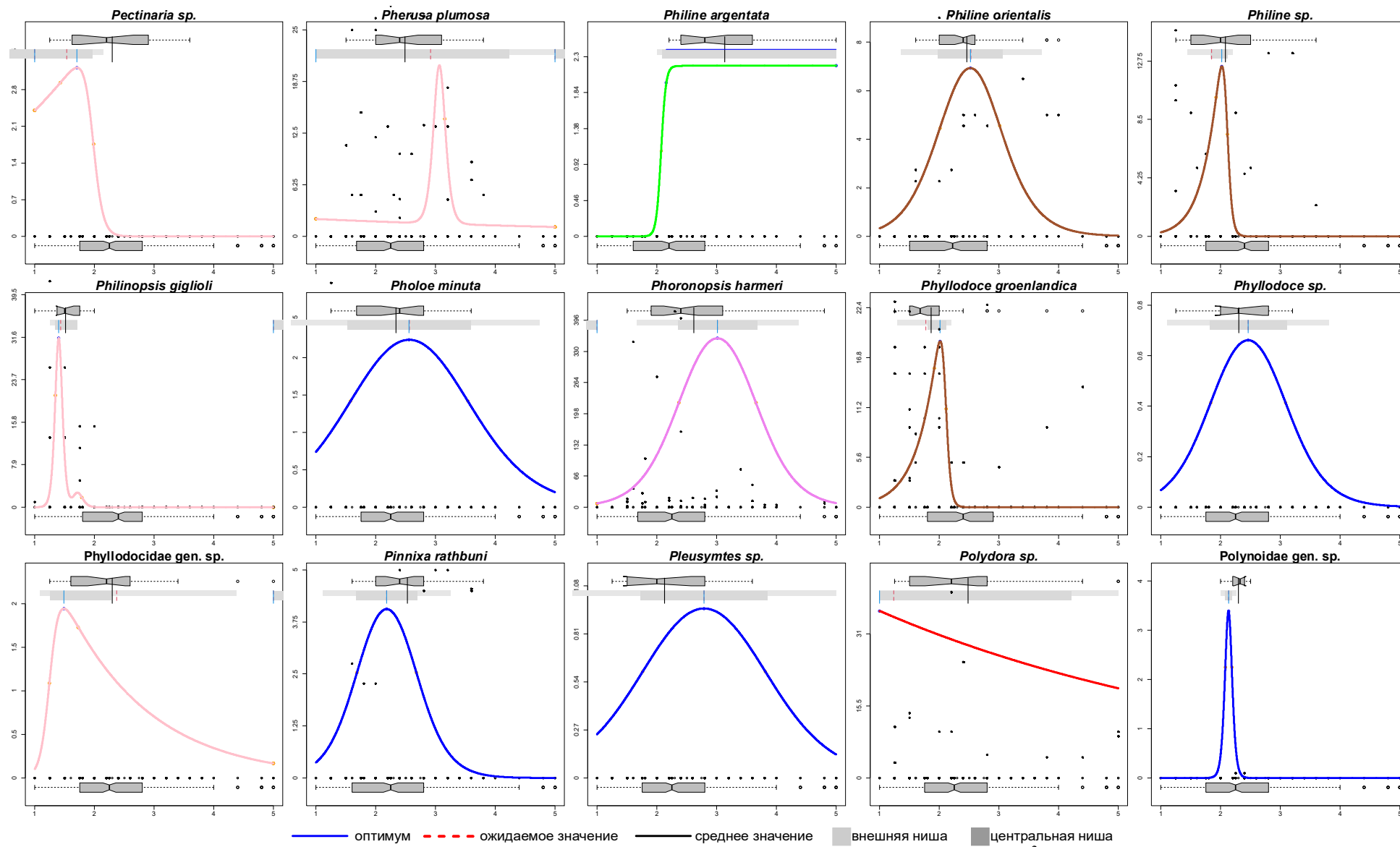
Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./м²)
 Рисунок А.8 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



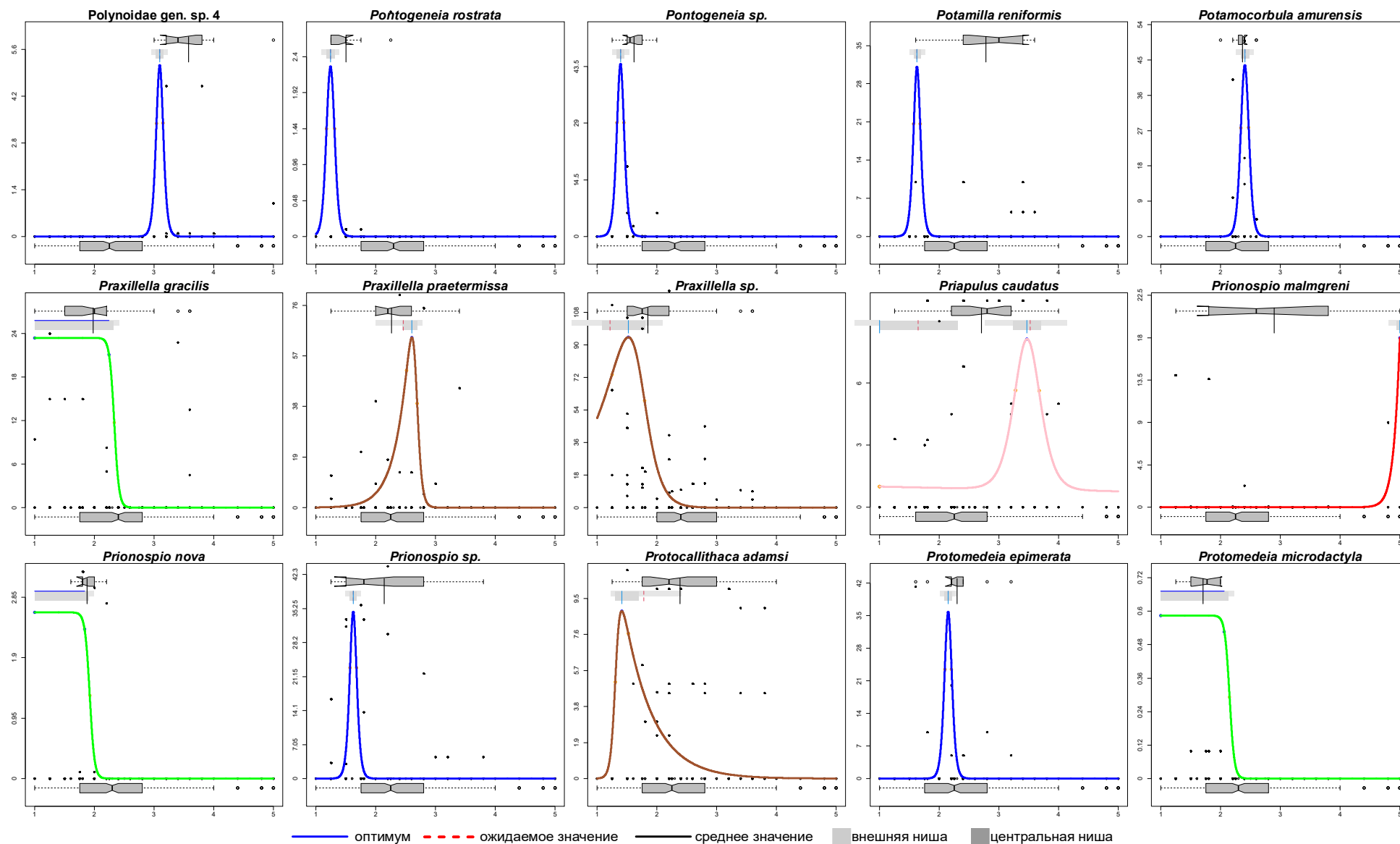
Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./ m^2)
 Рисунок А.9 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



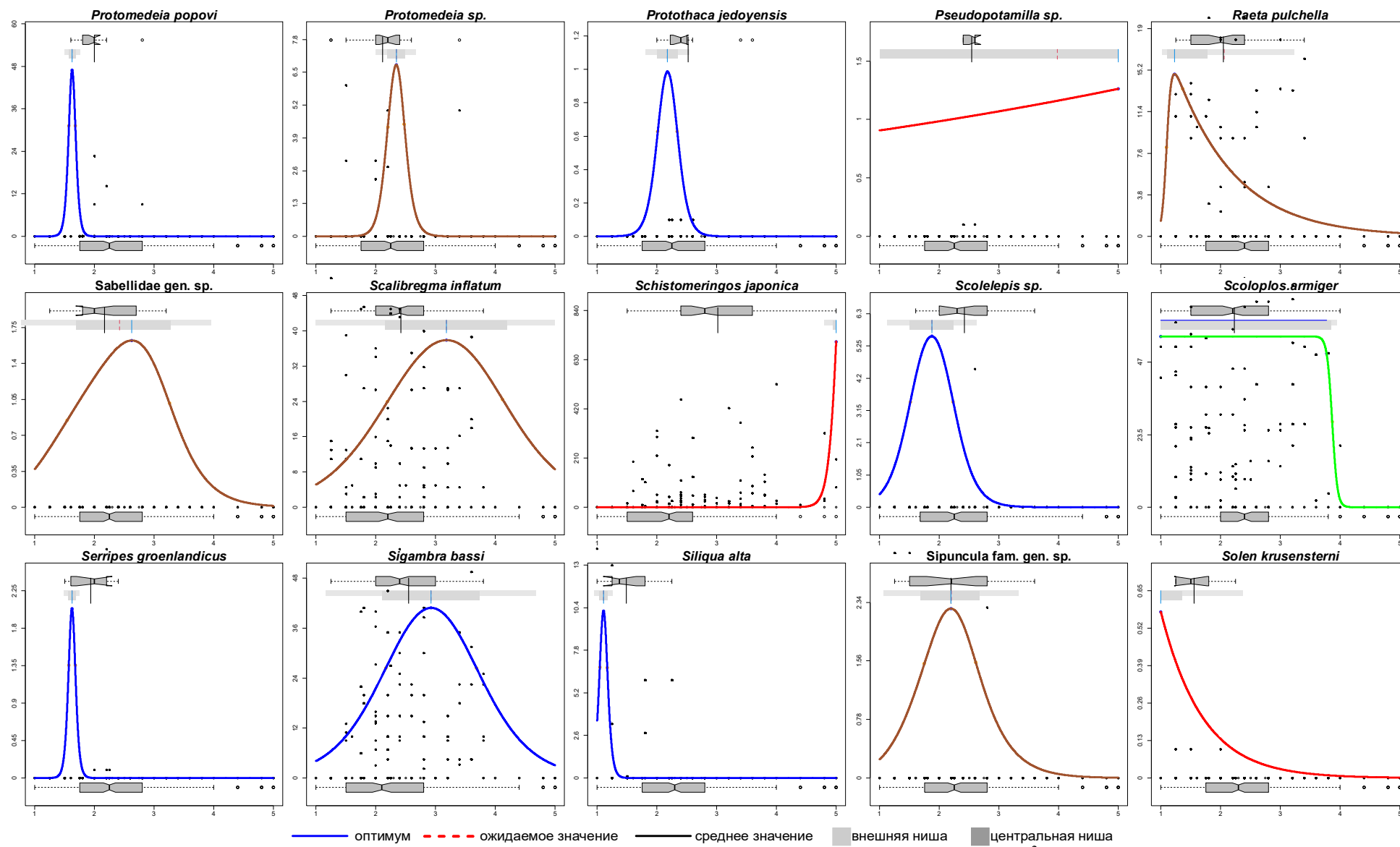
Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./м²)
 Рисунок А.10 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



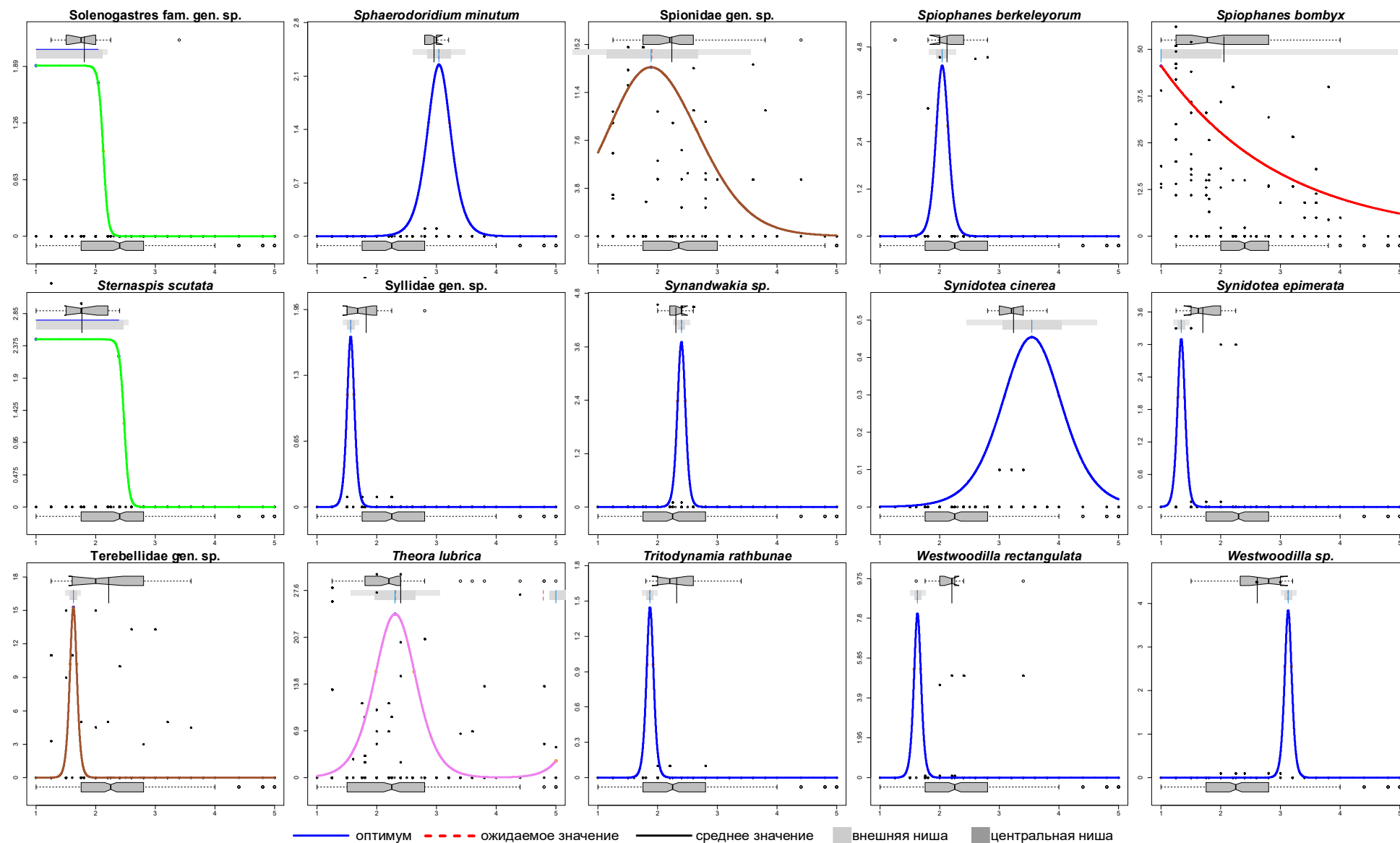
Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./м²)
 Рисунок А.11 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



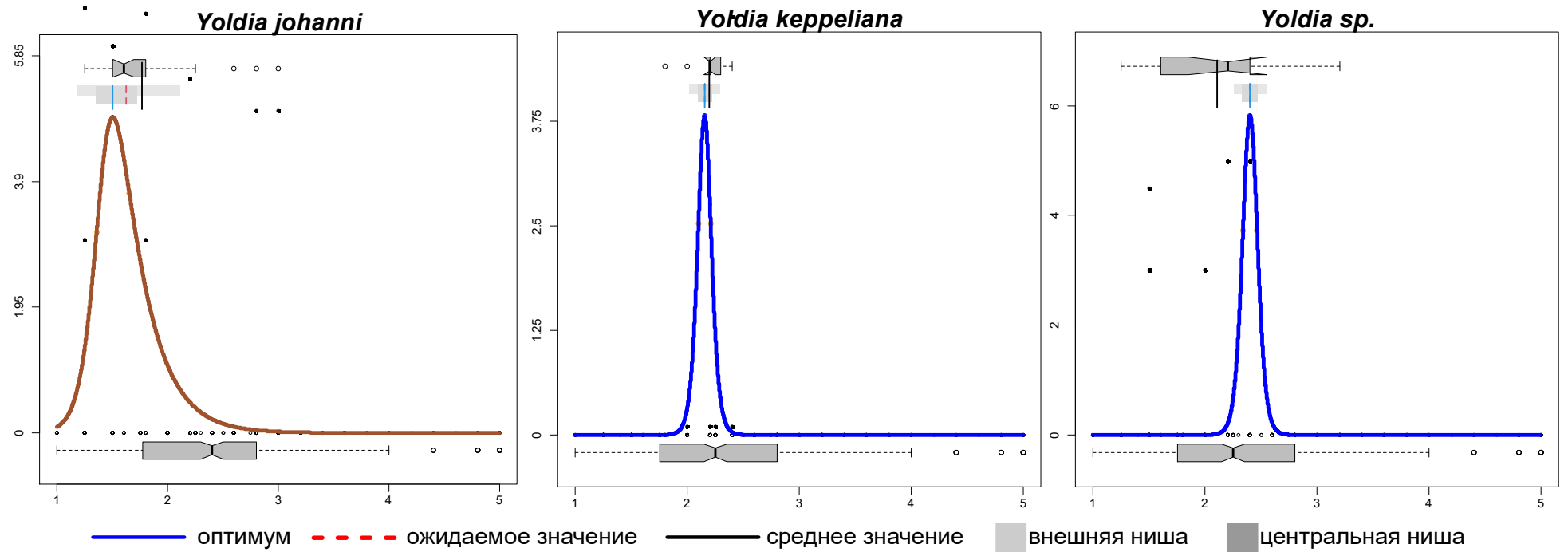
Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./м²)
 Рисунок А.12 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



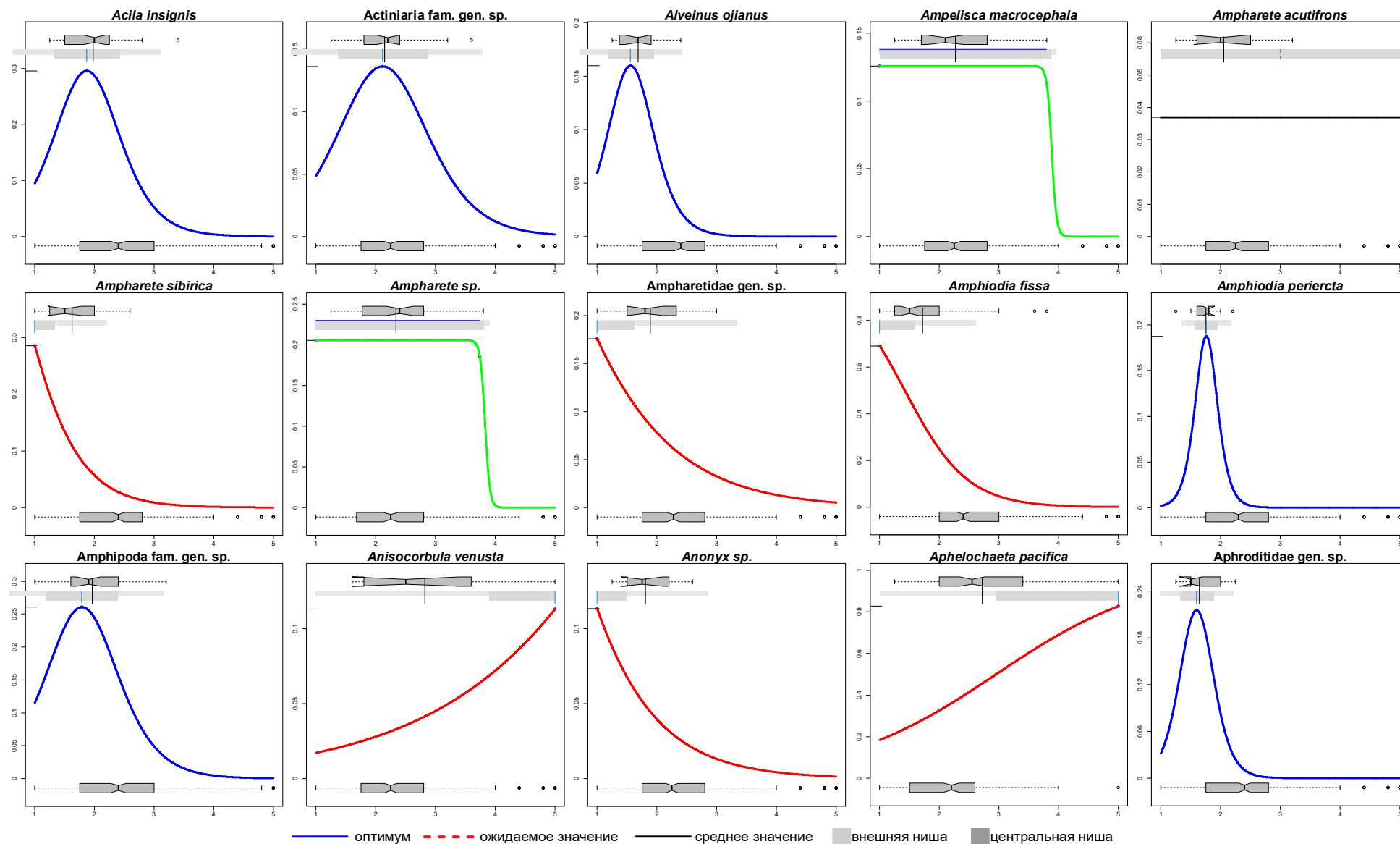
Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./м²)
 Рисунок А.13 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



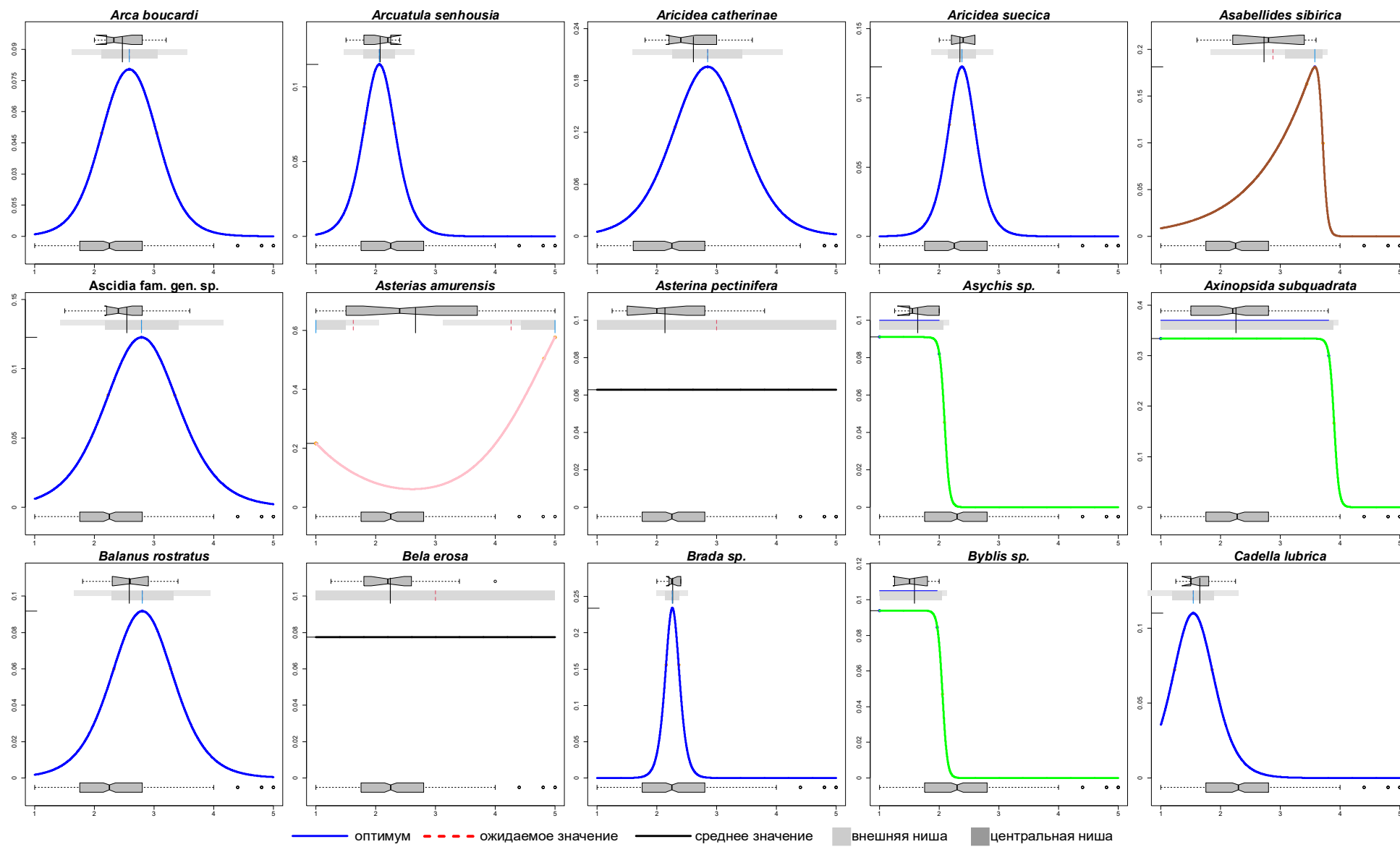
Ось абсцисс – *TPF* (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./м²)
 Рисунок А.14 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



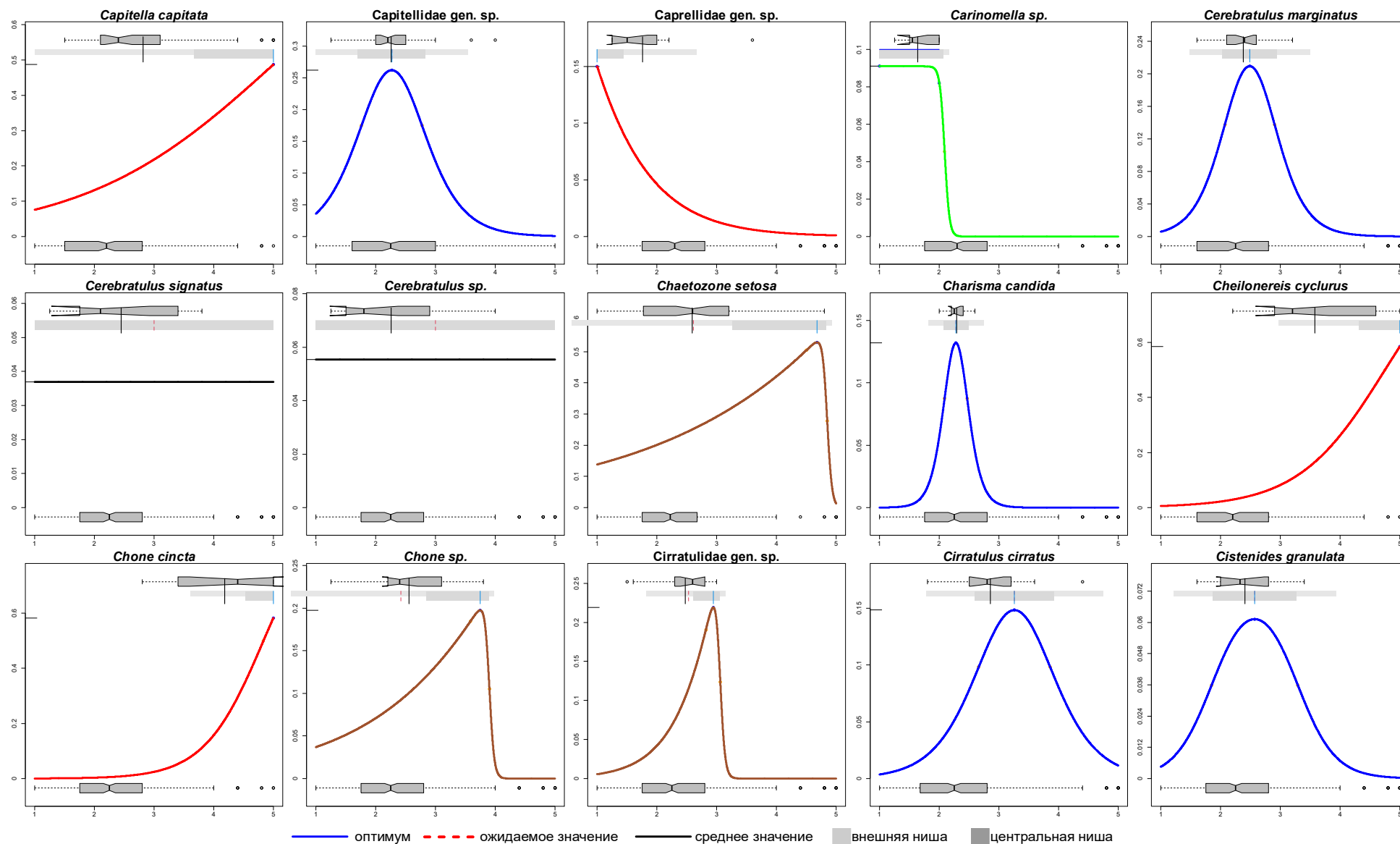
Ось абсцисс – *TPF* (усл. ед.), ось ординат – плотность поселения (экз./м²)
 Рисунок А.15 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



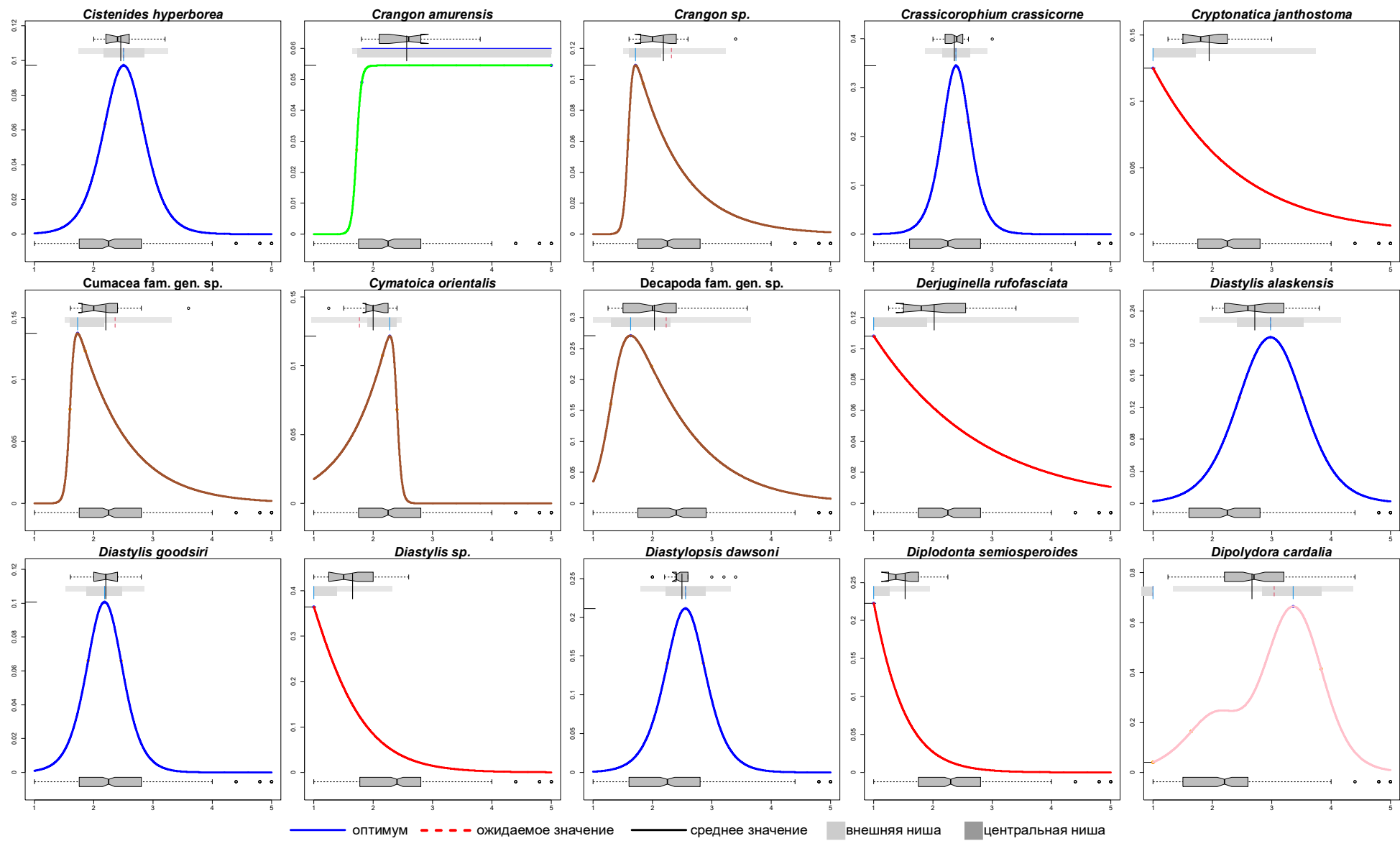
Ось абсцисс – *TPF* (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.16 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



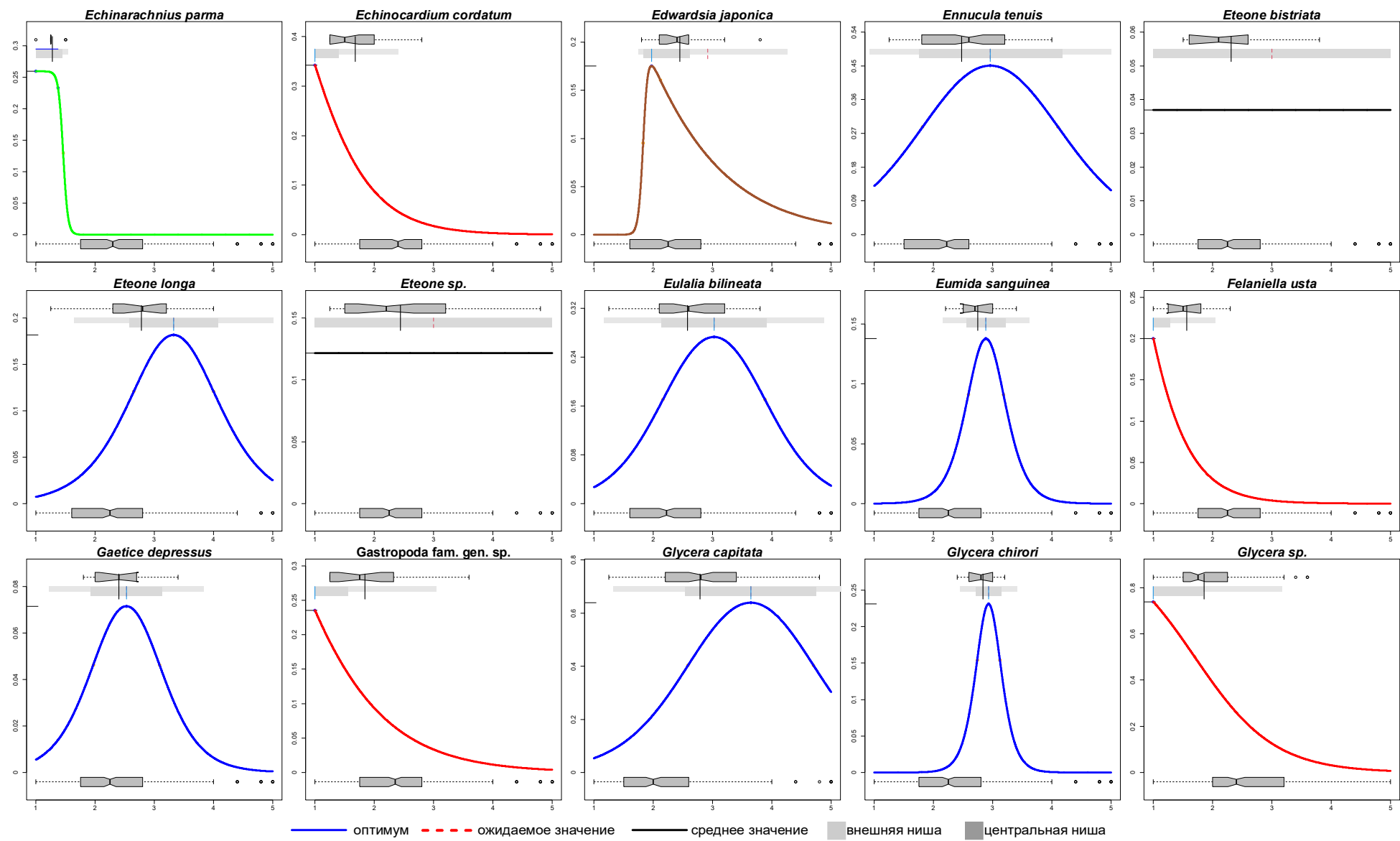
Ось абсцисс – *TPF* (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.17 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



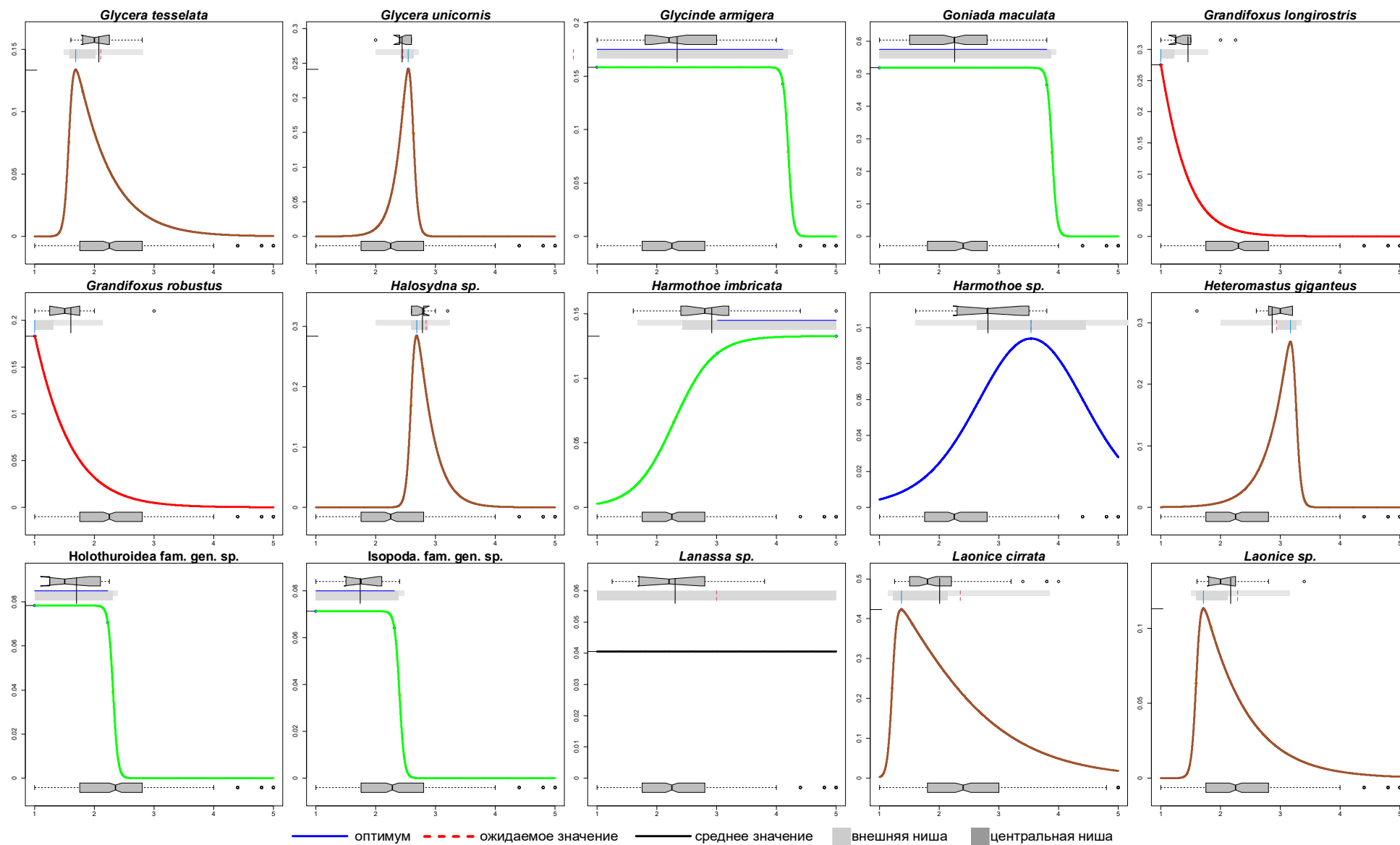
Ось абсцисс – *TPF* (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.18 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



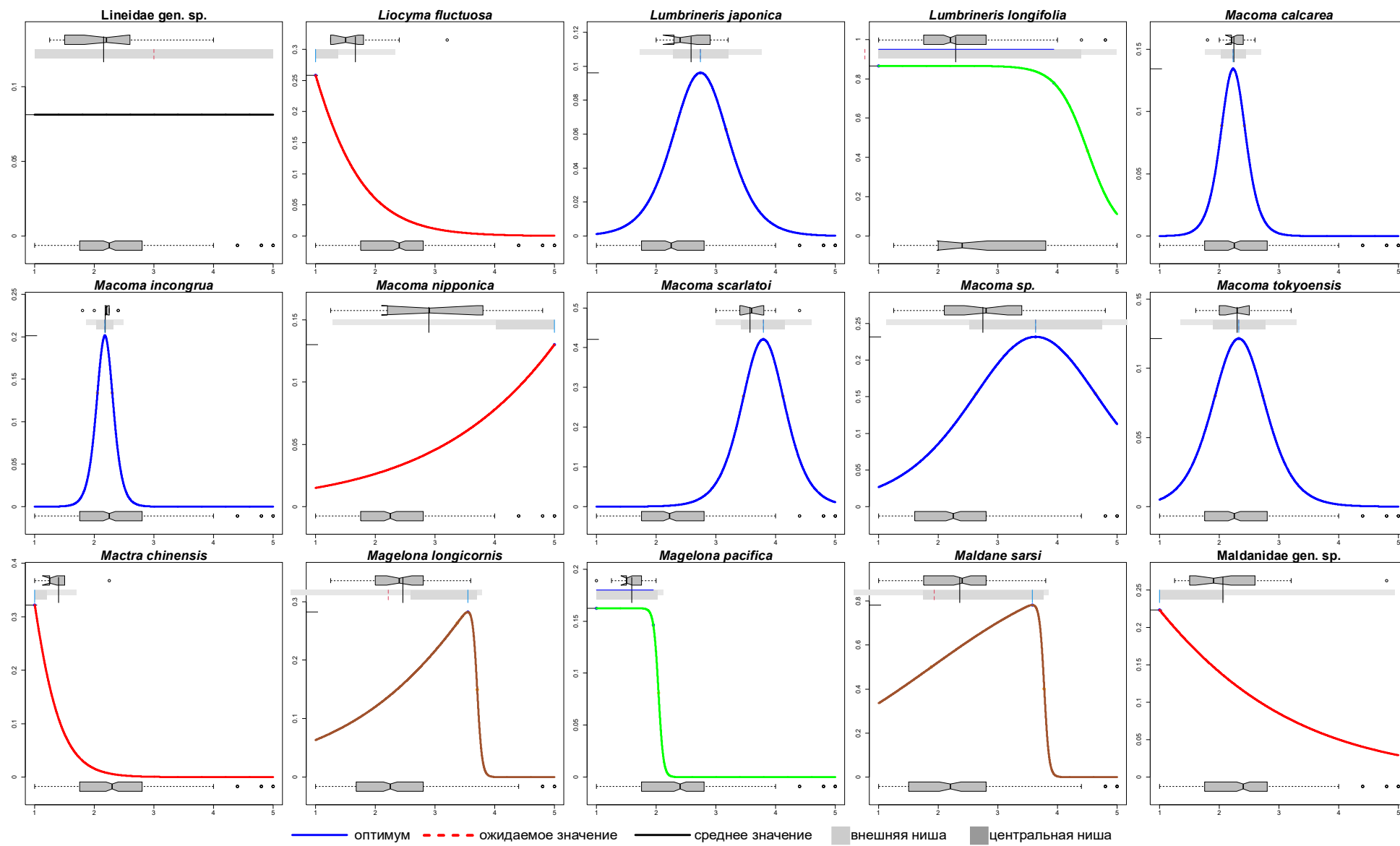
Ось абсцисс – *TPF* (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.19 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



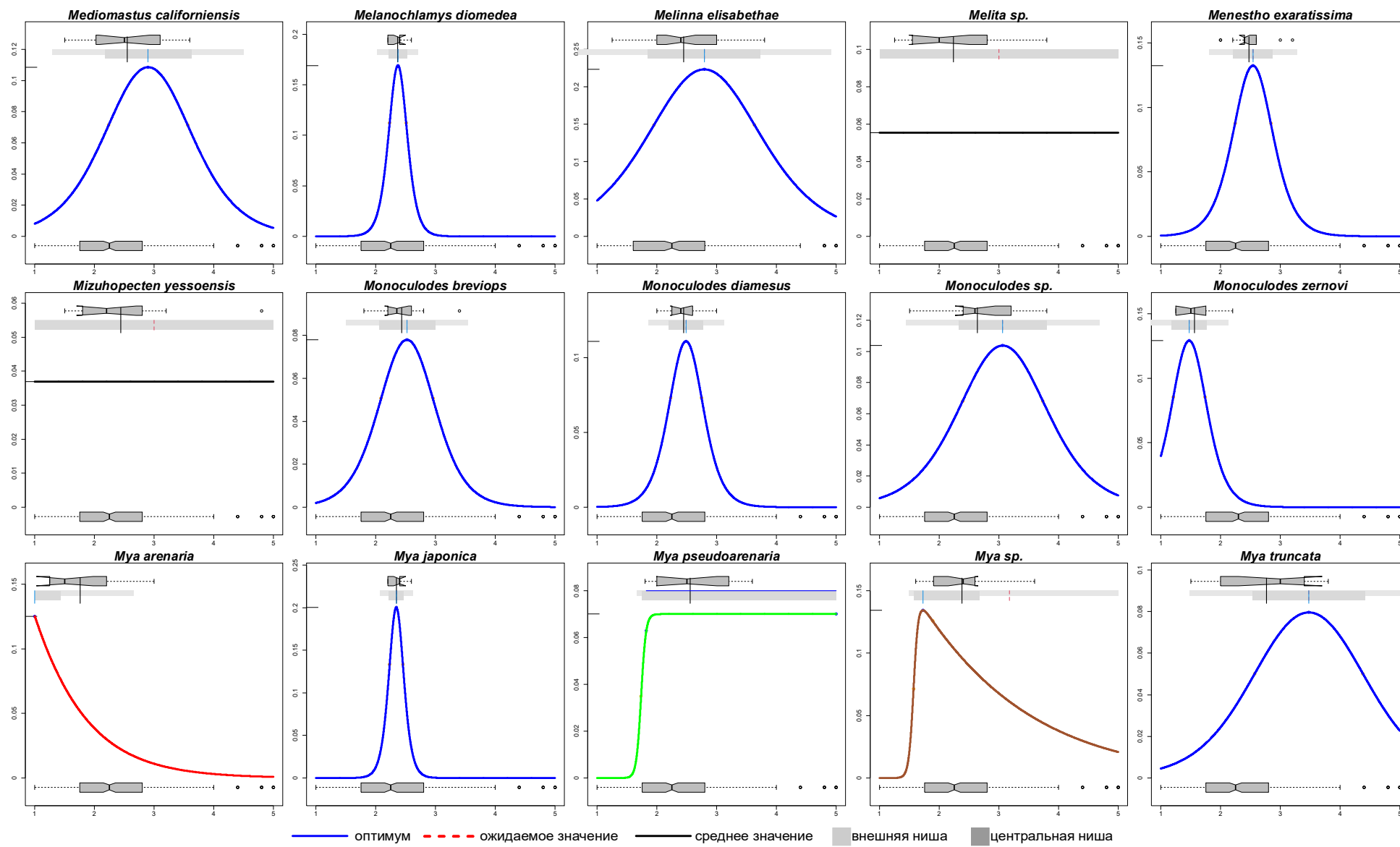
Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.20 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



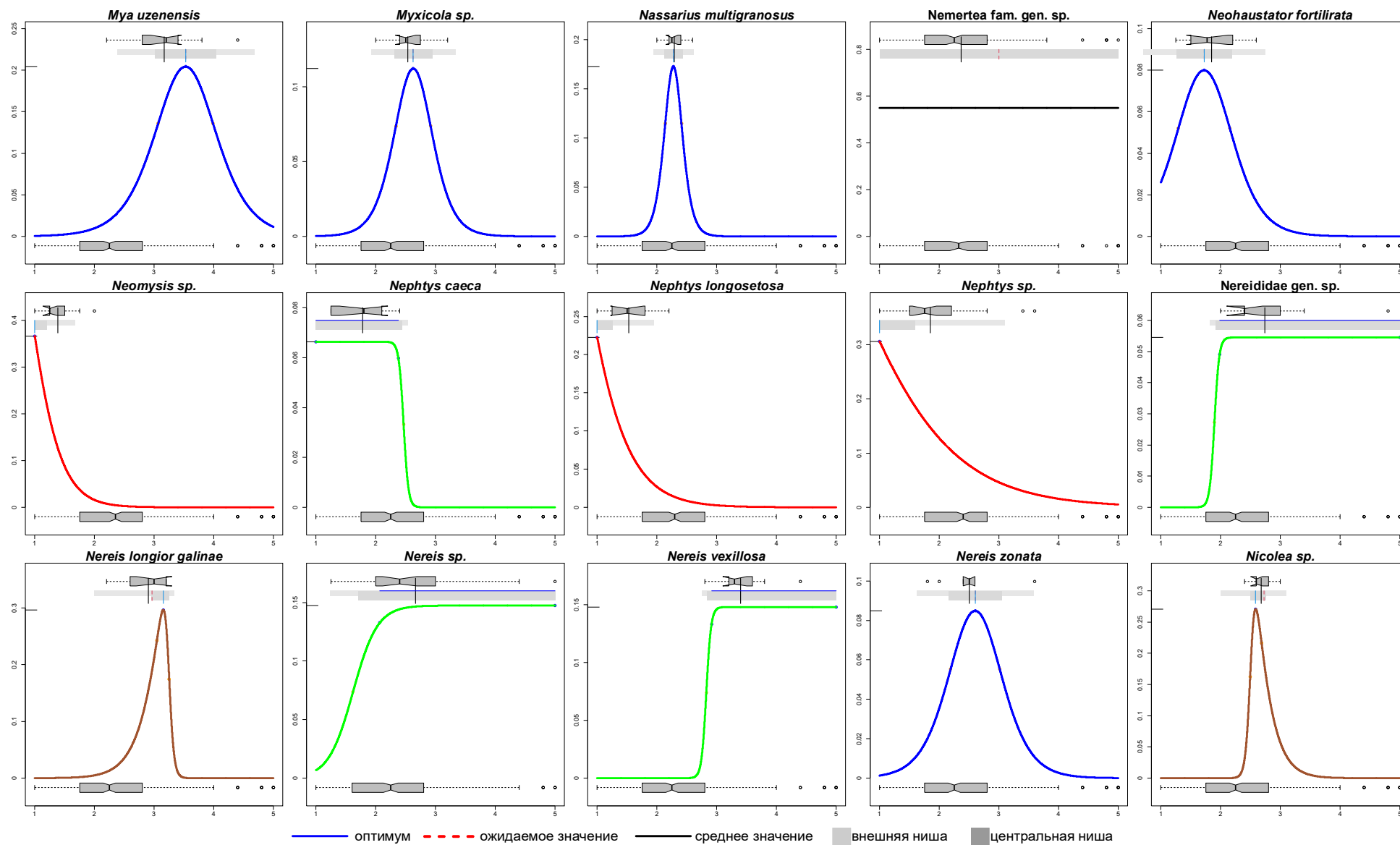
Ось абсцисс – *TPF* (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.21 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



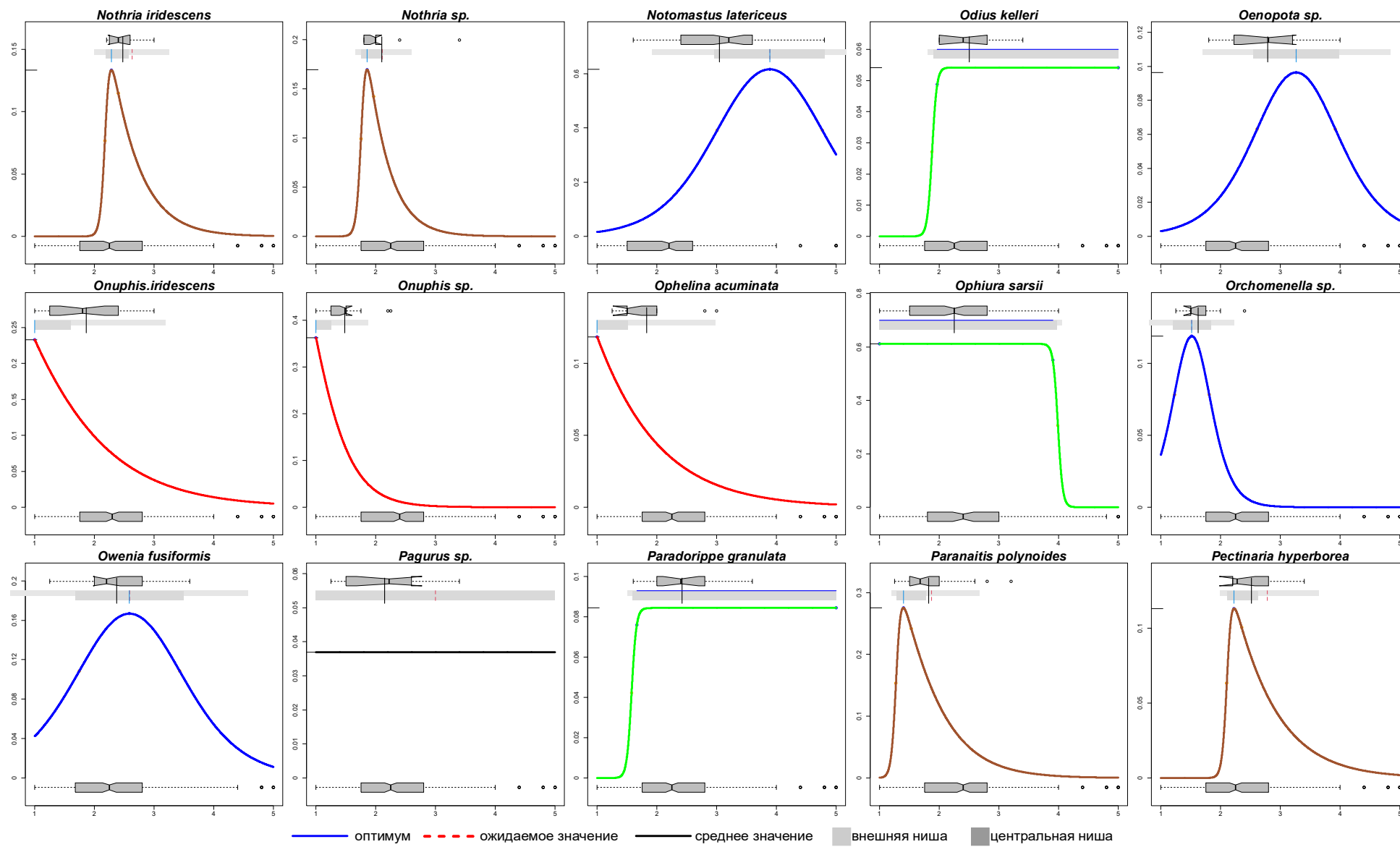
Ось абсцисс – *TPF* (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.22 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



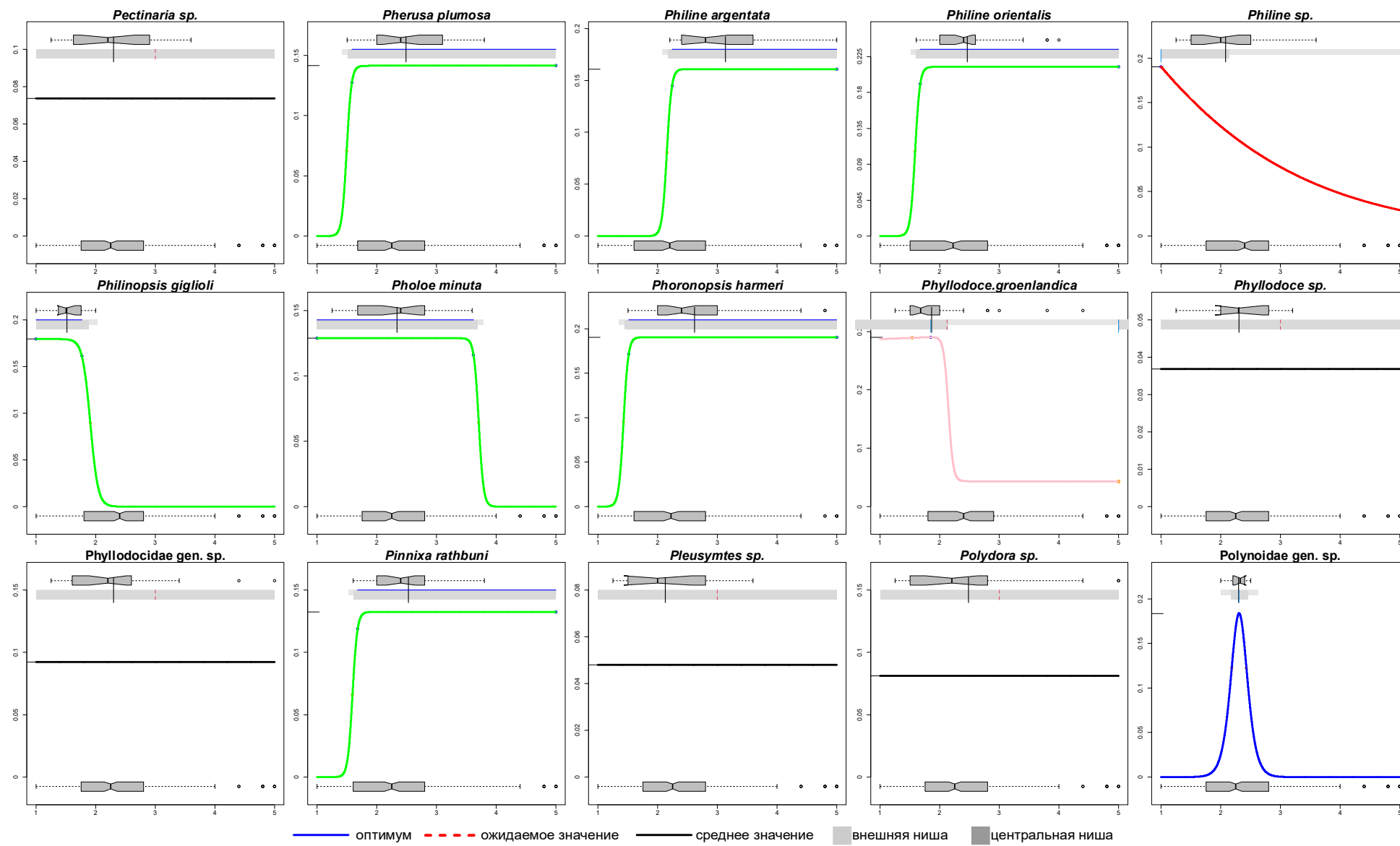
Ось абсцисс – *TPF* (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.23 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



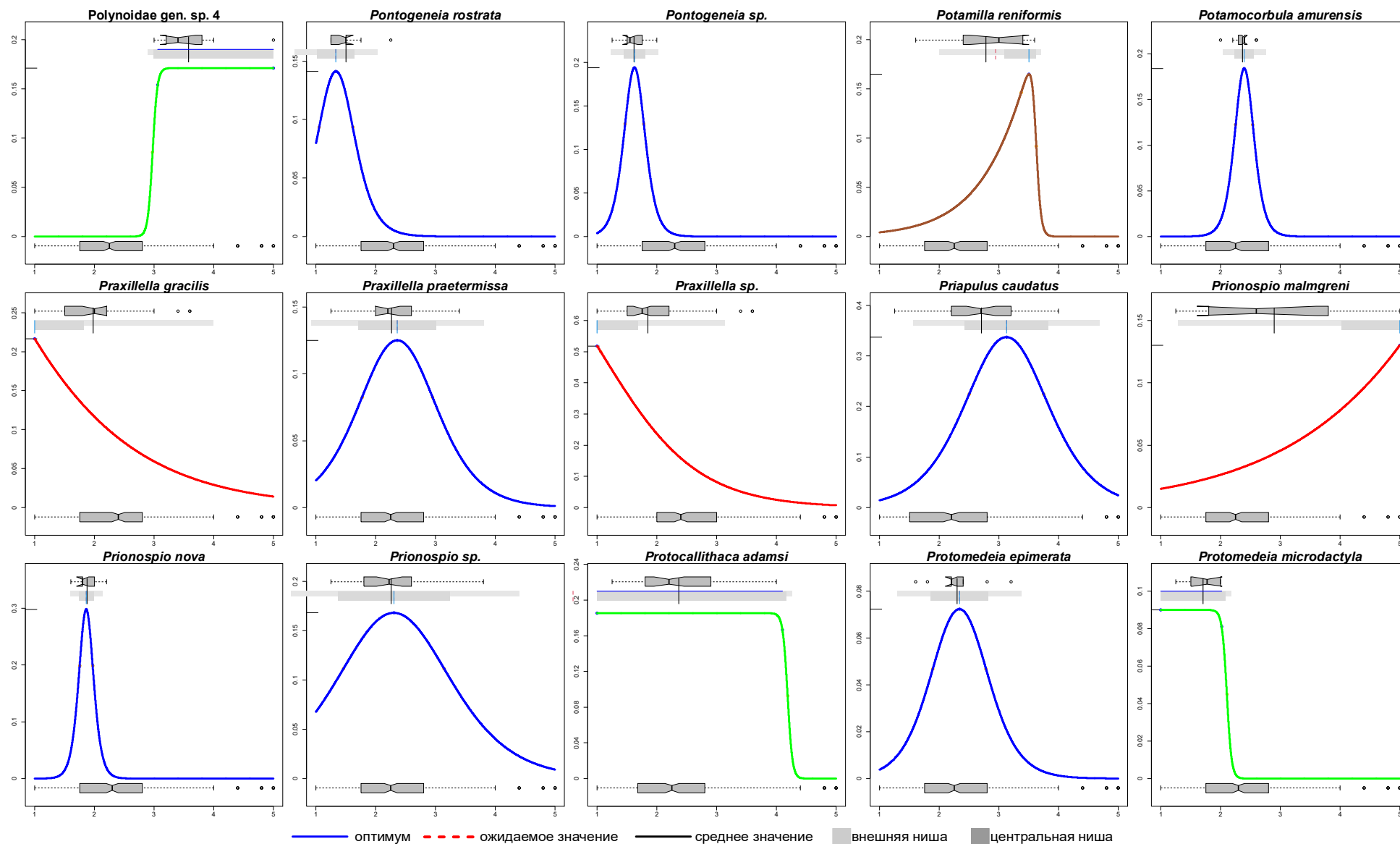
Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.24 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



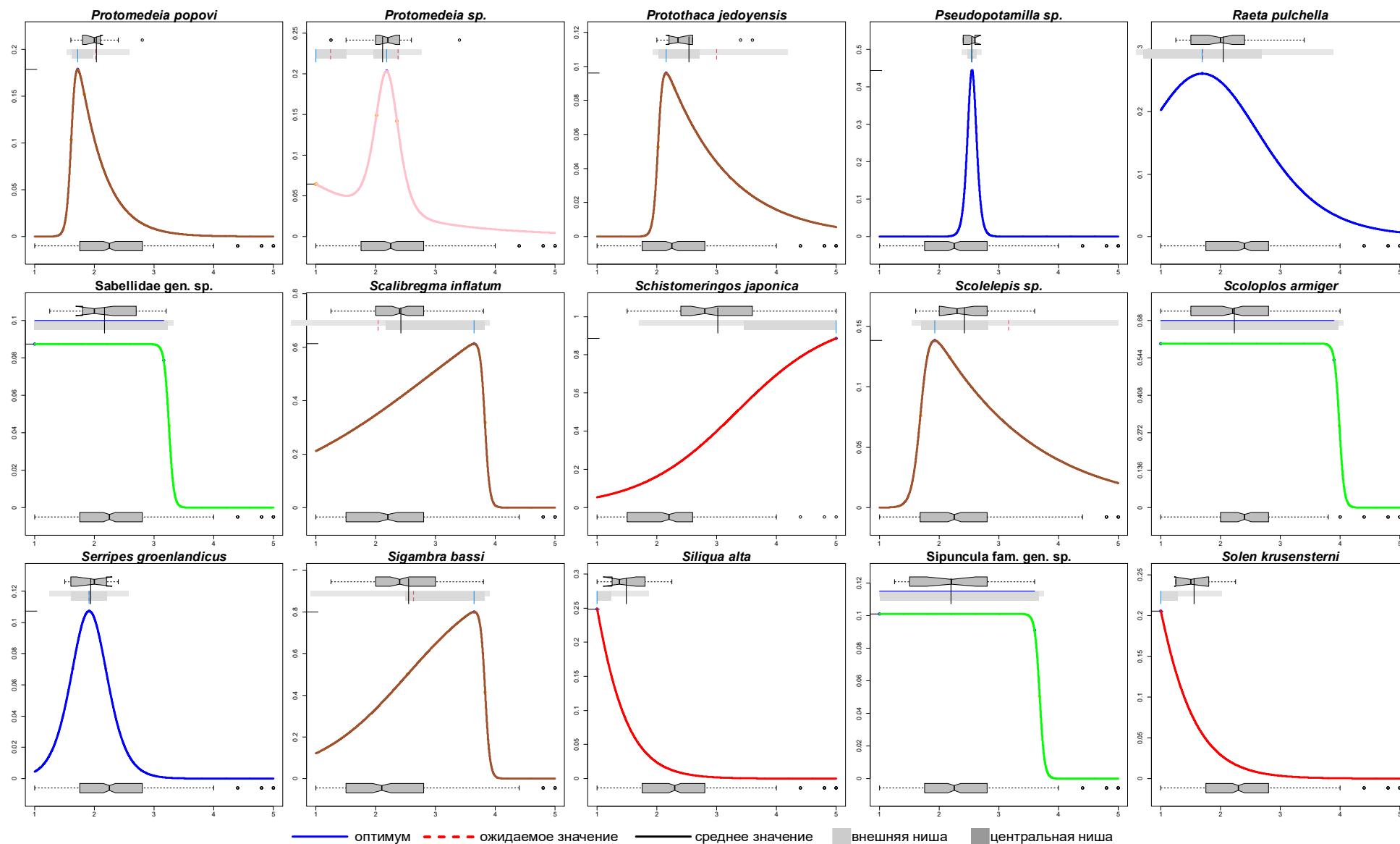
Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.25 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



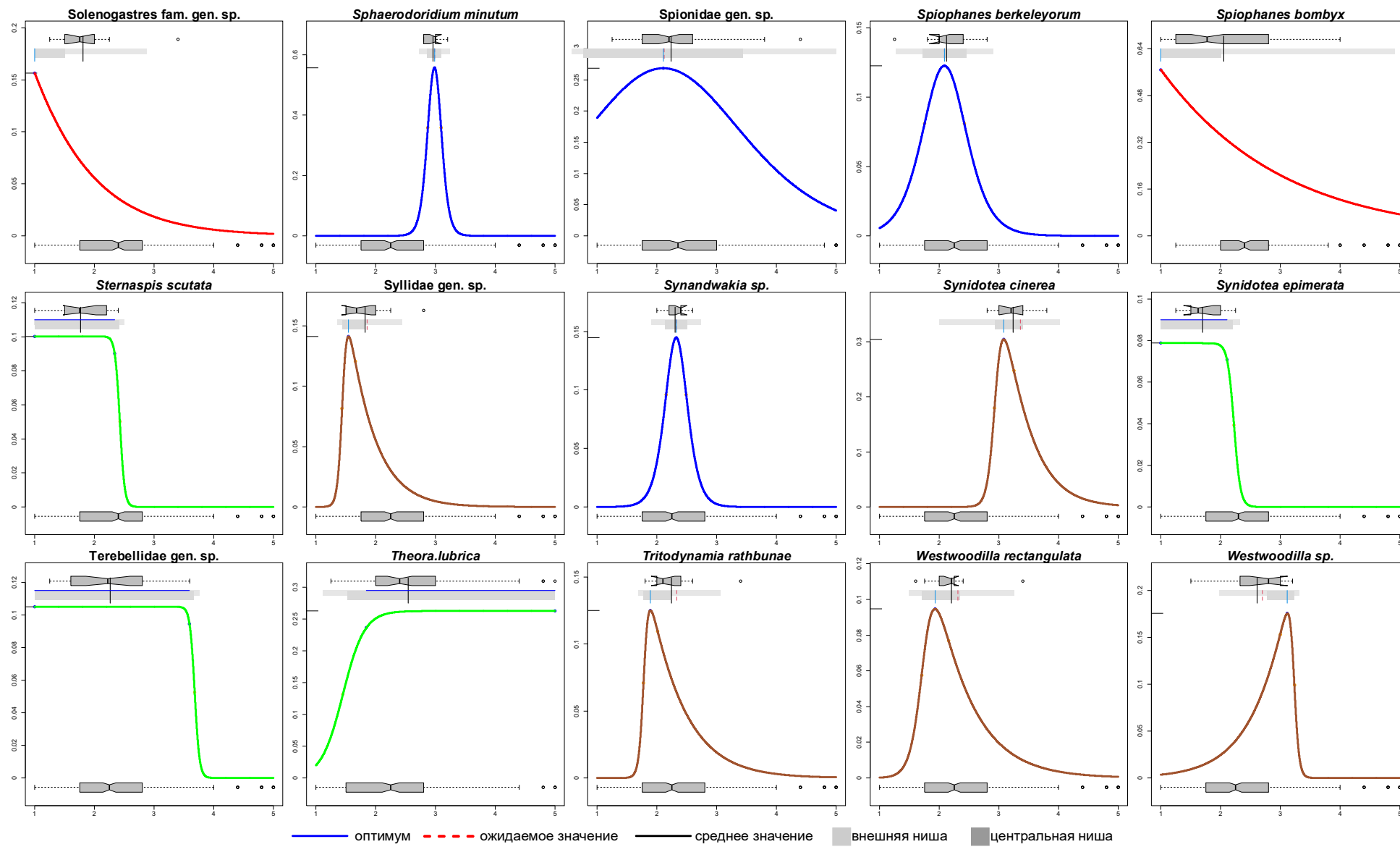
Ось абсцисс – *TPF* (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.26 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



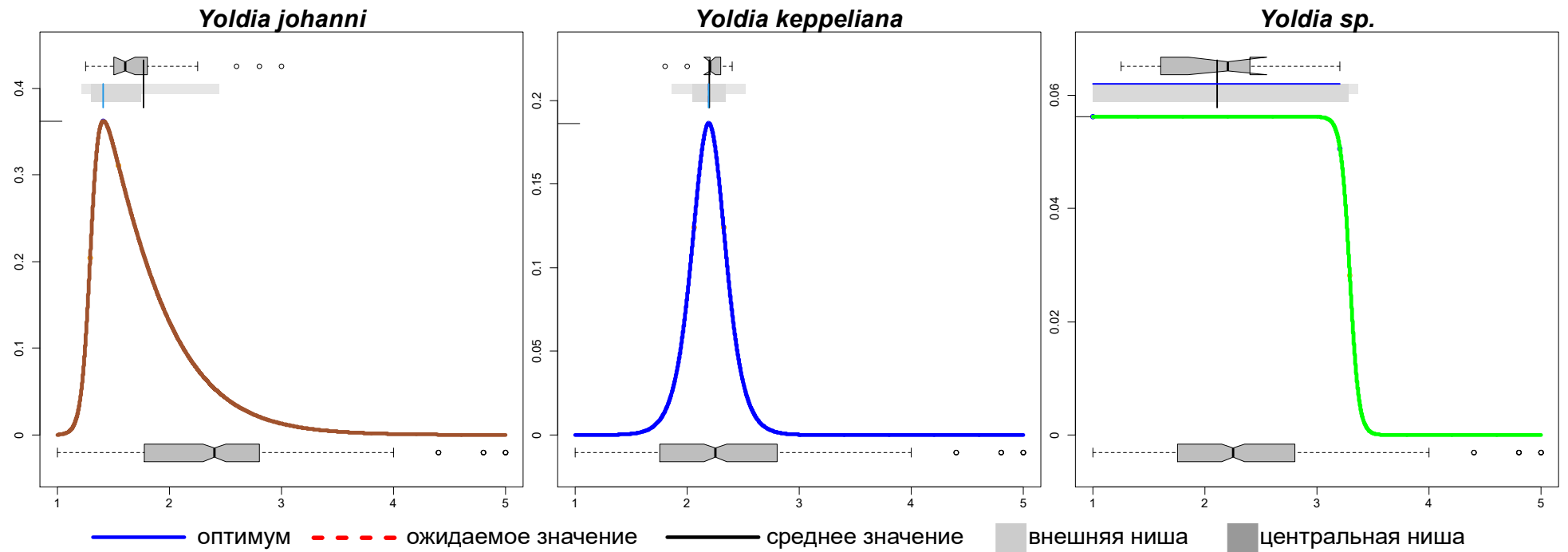
Ось абсцисс – TPF (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.27 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



Ось абсцисс – *TPF* (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.28 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



Ось абсцисс – *TPF* (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.29 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения



Ось абсцисс – *TPF* (усл. ед.), ось ординат – встречаемость
 Рисунок А.30 – Распределение таксонов макрозообентоса вдоль градиента загрязнения

Таблица А.1 – Некоторые параметры кривых отклика, полученных на основе плотности поселения таксонов макрозообентоса

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2		1		2		
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
<i>Ampharete acutifrons</i>	I	3,91	–	–	–	–	15	NA	–	0,00	–	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,06
<i>Brada</i> sp.	I	4,75	–	–	–	–	25	NA	–	0,00	–	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,25
<i>Cistenides granulata</i>	I	4,16	–	–	–	–	5	NA	–	0,00	–	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,41
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	I	4,38	–	–	–	–	12	NA	–	0,00	–	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,44
<i>Monoculodes breviops</i>	I	4,08	–	–	–	–	5	NA	–	0,00	–	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,44
<i>Derjuginella rufofasciata</i>	II	2,73	1,57	–	–	–	10	1,00	–	–	–	–	–	-0,40	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	2,02
<i>Eteone</i> sp.	II	3,17	0,73	–	–	–	50	1,00	–	–	–	–	–	1,04	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	2,44
<i>Felaniella usta</i>	II	1,17	63,45	–	–	–	110	1,00	–	–	–	–	–	-1,04	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	1,54
<i>Grandifoxus robustus</i>	II	2,45	14,06	–	–	–	24	1,00	–	–	–	–	–	-1,31	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	1,60
<i>Monoculodes zernovi</i>	II	2,59	7,68	–	–	–	6	1,00	–	–	–	–	–	-1,51	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,12	–	–	1,56
<i>Nephtys longosetosa</i>	II	2,62	6,04	–	–	–	15	1,00	–	–	–	–	–	-1,57	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	1,53
<i>Onuphis iridescens</i>	II	2,65	4,43	–	–	–	150	1,00	–	–	–	–	–	-1,57	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	1,86
<i>Onuphis</i> sp.	II	0,98	31,47	–	–	–	65	1,00	–	–	–	–	–	-1,06	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	1,48
<i>Polydora</i> sp.	II	4,45	0,63	–	–	–	3100	1,00	–	–	–	–	–	1,24	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	2,48
<i>Prionospio malmgreni</i>	II	46,94	-45,55	–	–	–	90	5,00	–	–	–	–	–	7,06	–	5,00	5,00	–	–	5,00	5,00	–	–	2,90
<i>Pseudopotamilla</i> sp.	II	4,63	-0,35	–	–	–	90	5,00	–	–	–	–	–	4,01	–	5,00	5,00	–	–	5,00	5,00	–	–	2,54
<i>Schistomeringos japonica</i>	II	48,17	-47,50	–	–	–	2100	5,00	–	–	–	–	–	7,03	–	5,00	5,00	–	–	5,00	5,00	–	–	3,02
<i>Solen krusensterni</i>	II	3,15	5,92	–	–	–	14	1,00	–	–	–	–	–	-1,71	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	1,56
<i>Spiophanes bombyx</i>	II	2,75	2,71	–	–	–	820	1,00	–	–	–	–	–	-1,26	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	2,05
<i>Amphiodia fissa</i>	III	-4,97	22,89	3,52	–	–	2000	1,00	1,50	1,87	–	–	–	-0,56	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	1,72
<i>Byblis</i> sp.	III	-28,69	100	3,96	–	–	550	1,00	2,06	2,15	–	–	–	-0,43	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	1,58
<i>Capitella capitata</i>	III	4,08	-24,79	3,10	–	–	900	2,01	5,00	1,66	–	–	–	5,32	–	5,00	5,00	–	–	5,00	5,00	–	–	2,81
<i>Cheilonereis cyclurus</i>	III	5,95	-6,45	0,29	–	–	110	4,84	5,00	4,69	–	–	–	6,70	–	5,00	5,00	–	–	5,00	5,00	–	–	3,58
<i>Chone cincta</i>	III	77,68	-81,15	0,09	–	–	190	4,92	5,00	4,83	–	–	–	6,91	–	5,00	5,00	–	–	5,00	5,00	–	–	4,18
<i>Chone</i> sp.	III	26,49	-100	3,50	–	–	40	2,15	5,00	2,06	–	–	–	5,53	–	3,76	5,00	–	–	3,47	5,00	–	–	2,50
<i>Echinarachnius parma</i>	III	-3,47	43,57	1,98	–	–	30	1,00	1,14	1,32	–	–	–	-0,84	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	1,28
Holothuroidea fam. gen. sp.	III	-33,25	100	3,66	–	–	36	1,00	2,24	2,33	–	–	–	-0,33	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,03	–	–	1,70
<i>Macoma nipponica</i>	III	51,08	-100	3,50	–	–	63	3,13	5,00	3,04	–	–	–	6,02	–	4,42	5,00	–	–	4,42	5,00	–	–	2,90

Продолжение таблицы А. 1

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2		1		2		
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
<i>Maetra chinensis</i>	III	-12,47	100	2,71	-	-	58	1,00	1,41	1,50	-	-	-	-0,75	-	1,00	1,00	-	-	1,00	1,00	-	-	1,40
<i>Maldane sarsi</i>	III	-60,75	100	2,94	-	-	3900	1,00	3,34	3,43	-	-	-	0,22	-	1,00	1,94	-	-	1,00	1,94	-	-	2,36
<i>Philine argentata</i>	III	26,75	-100	2,98	-	-	45	2,16	5,00	2,07	-	-	-	5,53	-	3,76	5,00	-	-	3,47	5,00	-	-	3,13
<i>Praxillella gracilis</i>	III	-33,28	100	3,20	-	-	600	1,00	2,24	2,33	-	-	-	-0,33	-	1,00	1,03	-	-	1,00	1,07	-	-	1,98
<i>Prionospio nova</i>	III	-23,01	100	4,27	-	-	190	1,00	1,83	1,92	-	-	-	-0,54	-	1,00	1,00	-	-	1,00	1,00	-	-	1,88
<i>Protomedeia microdactyla</i>	III	-28,75	100	3,73	-	-	25	1,00	2,06	2,15	-	-	-	-0,42	-	1,00	1,00	-	-	1,00	1,00	-	-	1,71
<i>Scoloplos armiger</i>	III	-66,36	92,57	2,08	-	-	500	1,00	3,77	3,87	-	-	-	0,43	-	1,00	1,94	-	-	1,00	1,94	-	-	2,23
<i>Solenogastres</i> fam. gen. sp.	III	-28,10	100	3,50	-	-	65	1,00	2,04	2,12	-	-	-	-0,44	-	1,00	1,00	-	-	1,00	1,00	-	-	1,81
<i>Sternaspis scutata</i>	III	-36,90	100	3,57	-	-	90	1,00	2,39	2,48	-	-	-	-0,26	-	1,00	1,14	-	-	1,00	1,14	-	-	1,77
<i>Actiniaria</i> fam. gen. sp.	IV	-5,90	21,00	8,32	-	-	50	2,35	-	2,05	2,66	-	-	2,35	-	2,35	2,35	-	-	2,35	2,35	-	-	2,15
<i>Alveinus ojanus</i>	IV	-16,68	100	18,44	-	-	700	1,70	-	1,64	1,76	-	-	1,70	-	1,70	1,70	-	-	1,70	1,70	-	-	1,68
<i>Ampelisca macrocephala</i>	IV	-5,44	100	8,27	-	-	4500	1,27	-	1,21	1,34	-	-	1,27	-	1,27	1,27	-	-	1,00	5,00	-	-	2,27
<i>Ampharete sibirica</i>	IV	-9,95	100	9,71	-	-	750	1,39	-	1,34	1,45	-	-	1,39	-	1,39	1,39	-	-	1,39	1,39	-	-	1,62
<i>Amphiodia periercta</i>	IV	-21,45	100	21,22	-	-	12	1,85	-	1,80	1,91	-	-	1,85	-	1,85	1,85	-	-	1,85	1,85	-	-	1,75
<i>Anisocorbula venusta</i>	IV	-53,95	100	56,05	-	-	300	3,20	-	3,14	3,26	-	-	3,20	-	3,20	3,20	-	-	3,20	3,20	-	-	2,82
<i>Anonyx</i> sp.	IV	-9,93	100	10,76	-	-	150	1,41	-	1,36	1,47	-	-	1,41	-	1,41	1,41	-	-	1,41	1,41	-	-	1,81
<i>Aphroditidae</i> gen. sp.	IV	-3,31	20,88	5,16	-	-	37	1,81	-	1,53	2,10	-	-	1,81	-	1,81	1,81	-	-	1,81	1,81	-	-	1,65
<i>Arca boucardi</i>	IV	-40,02	100	42,25	-	-	1100	2,65	-	2,58	2,71	-	-	2,65	-	2,65	2,65	-	-	2,65	2,65	-	-	2,47
<i>Aricidea catherinae</i>	IV	-28,10	100	29,32	-	-	300	2,15	-	2,09	2,20	-	-	2,15	-	2,15	2,15	-	-	2,15	2,15	-	-	2,61
<i>Asabellides sibirica</i>	IV	-64,07	100	65,32	-	-	5000	3,59	-	3,53	3,64	-	-	3,59	-	3,59	3,59	-	-	3,59	3,59	-	-	2,72
<i>Asychis</i> sp.	IV	-2,16	23,41	4,32	-	-	13	1,55	-	1,29	1,82	-	-	1,55	-	1,55	1,55	-	-	1,55	1,55	-	-	1,64
<i>Balanus rostratus</i>	IV	-39,24	100	41,59	-	-	340	2,62	-	2,55	2,68	-	-	2,62	-	2,62	2,62	-	-	2,62	2,62	-	-	2,57
<i>Bela erosa</i>	IV	-1,19	8,05	3,80	-	-	27	2,24	-	1,42	3,06	-	-	2,24	-	2,24	2,24	-	-	2,24	2,24	-	-	2,24
<i>Cadella lubrica</i>	IV	-9,57	100	8,80	-	-	7	1,37	-	1,31	1,42	-	-	1,37	-	1,35	1,39	-	-	1,37	1,37	-	-	1,65
<i>Caprellidae</i> gen. sp.	IV	-9,26	100	9,07	-	-	850	1,37	-	1,31	1,42	-	-	1,37	-	1,37	1,37	-	-	1,37	1,37	-	-	1,76
<i>Carinomella</i> sp.	IV	-7,26	40,76	9,86	-	-	18	1,84	-	1,68	2,00	-	-	1,84	-	1,84	1,84	-	-	1,84	1,84	-	-	1,64
<i>Cerebratulus signatus</i>	IV	-2,44	25,27	5,71	-	-	22	1,64	-	1,35	1,94	-	-	1,64	-	1,64	1,64	-	-	1,64	1,64	-	-	2,45
<i>Cerebratulus</i> sp.	IV	-9,71	100	9,55	-	-	55	1,39	-	1,33	1,44	-	-	1,39	-	1,39	1,39	-	-	1,39	1,39	-	-	2,25

Продолжение таблицы А. 1

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2		1		2		
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
<i>Cirratulidae gen. sp.</i>	IV	-8,16	20,57	10,84	-	-	15	2,85	-	2,52	3,17	-	-	2,85	-	2,85	2,85	-	-	2,85	2,85	-	-	2,59
<i>Cirratulus cirratus</i>	IV	-7,74	18,57	10,15	-	-	160	2,93	-	2,58	3,27	-	-	2,93	-	2,93	2,93	-	-	2,93	2,93	-	-	2,85
<i>Cistenides hyperborea</i>	IV	-37,66	100	37,87	-	-	35	2,51	-	2,46	2,56	-	-	2,51	-	2,51	2,51	-	-	2,51	2,51	-	-	2,46
<i>Crangon amurensis</i>	IV	-3,45	10,03	6,24	-	-	10	2,93	-	2,25	3,61	-	-	2,93	-	2,93	2,93	-	-	2,93	2,93	-	-	2,56
<i>Crangon sp.</i>	IV	-21,34	100	21,90	-	-	14	1,86	-	1,81	1,92	-	-	1,86	-	1,86	1,86	-	-	1,86	1,86	-	-	2,18
<i>Crassikorophium crassicorne</i>	IV	-34,08	100	36,46	-	-	3550	2,41	-	2,35	2,47	-	-	2,41	-	2,41	2,41	-	-	2,41	2,41	-	-	2,31
<i>Cumacea fam. gen. sp.</i>	IV	-21,15	100	21,50	-	-	60	1,85	-	1,80	1,91	-	-	1,85	-	1,85	1,85	-	-	1,85	1,85	-	-	2,20
<i>Diastylis goodsiri</i>	IV	-27,20	100	28,22	-	-	35	2,11	-	2,05	2,16	-	-	2,11	-	2,11	2,11	-	-	2,11	2,11	-	-	2,20
<i>Diplodonta semiosperoides</i>	IV	7,07	-100	-5,07	-	-	17	1,24	-	1,18	1,30	-	-	1,24	-	1,24	1,24	-	-	1,24	1,24	-	-	1,53
<i>Eumida sanguinea</i>	IV	-7,48	19,83	10,11	-	-	60	2,77	-	2,44	3,11	-	-	2,77	-	2,77	2,77	-	-	2,77	2,77	-	-	2,75
<i>Gaetice depressus</i>	IV	-21,62	100	21,52	-	-	16	1,86	-	1,81	1,92	-	-	1,86	-	1,86	1,86	-	-	1,86	1,86	-	-	2,40
<i>Glycera chirori</i>	IV	-54,14	100	55,76	-	-	40	3,20	-	3,14	3,26	-	-	3,20	-	3,20	3,20	-	-	3,20	3,20	-	-	2,84
<i>Glycera tessellata</i>	IV	-20,72	86,68	23,39	-	-	150	2,02	-	1,94	2,09	-	-	2,02	-	2,02	2,02	-	-	2,02	2,02	-	-	2,08
<i>Glycera unicornis</i>	IV	-19,83	53,27	21,00	-	-	32	2,53	-	2,43	2,64	-	-	2,53	-	2,53	2,53	-	-	2,53	2,53	-	-	2,44
<i>Grandifoxus longirostris</i>	IV	1,36	8,25	2,67	-	-	130	1,32	-	NA	NA	-	-	1,32	-	1,32	1,32	-	-	1,32	1,32	-	-	1,45
<i>Halosydna sp.</i>	IV	-39,47	100	41,47	-	-	180	2,62	-	2,56	2,68	-	-	2,62	-	2,62	2,62	-	-	2,62	2,62	-	-	2,78
<i>Harmothoe imbricata</i>	IV	-3,64	9,75	5,85	-	-	20	2,95	-	2,31	3,59	-	-	2,95	-	2,95	2,95	-	-	2,95	2,95	-	-	2,95
<i>Heteromastus giganteus</i>	IV	-30,55	60,35	31,41	-	-	100	3,05	-	2,96	3,14	-	-	3,05	-	3,05	3,05	-	-	3,05	3,05	-	-	2,86
<i>Isopoda fam. gen. sp.</i>	IV	-33,23	100	36,14	-	-	170	2,39	-	2,32	2,46	-	-	2,39	-	2,39	2,39	-	-	2,39	2,39	-	-	1,74
<i>Lanassa sp.</i>	IV	-9,22	100	9,60	-	-	15	1,38	-	1,32	1,43	-	-	1,38	-	1,38	1,38	-	-	1,38	1,38	-	-	2,30
<i>Laonice cirrata</i>	IV	-8,37	87,88	9,89	-	-	750	1,42	-	1,35	1,48	-	-	1,42	-	1,42	1,42	-	-	1,42	1,42	-	-	2,00
<i>Laonice sp.</i>	IV	-7,12	42,08	9,02	-	-	9	1,77	-	1,62	1,91	-	-	1,77	-	1,77	1,77	-	-	1,77	1,77	-	-	2,17
<i>Lineidae gen. sp.</i>	IV	-2,11	17,92	4,52	-	-	36	1,74	-	1,38	2,10	-	-	1,74	-	1,74	1,74	-	-	1,74	1,74	-	-	2,15
<i>Liocyma fluctuosa</i>	IV	-10,15	100	8,93	-	-	60	1,38	-	1,33	1,44	-	-	1,38	-	1,38	1,38	-	-	1,38	1,38	-	-	1,66
<i>Macoma calcarea</i>	IV	-7,21	27,70	9,50	-	-	32	2,21	-	1,98	2,43	-	-	2,21	-	2,21	2,21	-	-	2,21	2,21	-	-	2,24
<i>Macoma incongrua</i>	IV	-5,99	25,54	8,68	-	-	40	2,15	-	1,89	2,41	-	-	2,15	-	2,15	2,15	-	-	2,15	2,15	-	-	2,19
<i>Macoma scarlatoi</i>	IV	-8,02	12,82	9,40	-	-	65	3,72	-	3,28	4,16	-	-	3,72	-	3,72	3,72	-	-	3,72	3,72	-	-	3,57
<i>Macoma tokyoensis</i>	IV	-3,50	13,03	6,00	-	-	20	2,46	-	1,96	2,96	-	-	2,46	-	2,46	2,46	-	-	2,46	2,46	-	-	2,30

Продолжение таблицы А. 1

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2		1		2		
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
Maldanidae gen. sp.	IV	-14,34	100	15,14	–	–	570	1,59	–	1,54	1,64	–	–	1,59	–	1,59	1,59	–	–	1,59	1,59	–	–	2,06
<i>Melanochlamys diomedea</i>	IV	-11,67	35,35	14,10	–	–	27	2,46	–	2,28	2,64	–	–	2,46	–	2,46	2,46	–	–	2,46	2,46	–	–	2,37
<i>Monoculodes diamesus</i>	IV	-5,60	16,90	8,42	–	–	18	2,66	–	2,25	3,06	–	–	2,66	–	2,66	2,66	–	–	2,66	2,66	–	–	2,45
<i>Monoculodes</i> sp.	IV	-54,67	100	55,31	–	–	54	3,20	–	3,15	3,25	–	–	3,20	–	3,20	3,20	–	–	3,20	3,20	–	–	2,64
<i>Mya japonica</i>	IV	-14,90	52,29	17,18	–	–	15	2,23	–	2,11	2,35	–	–	2,23	–	2,23	2,23	–	–	2,23	2,23	–	–	2,47
<i>Mya truncata</i>	IV	-60,90	100	61,55	–	–	36	3,45	–	3,40	3,50	–	–	3,45	–	3,45	3,45	–	–	3,45	3,45	–	–	2,77
<i>Mya uzenensis</i>	IV	-13,38	25,32	14,26	–	–	45	3,18	–	2,97	3,40	–	–	3,18	–	3,18	3,18	–	–	3,18	3,18	–	–	3,17
<i>Nassarius multigranosus</i>	IV	-9,87	33,49	12,65	–	–	80	2,34	–	2,14	2,55	–	–	2,34	–	2,34	2,34	–	–	2,34	2,34	–	–	2,29
<i>Neohaustator fortilirata</i>	IV	8,51	-99,99	-5,74	–	–	190	1,28	–	1,22	1,35	–	–	1,28	–	1,28	1,28	–	–	1,28	1,28	–	–	1,85
<i>Neomysis</i> sp.	IV	-1,21	45,52	1,64	–	–	28	1,13	–	NA	NA	–	–	1,13	–	1,13	1,13	–	–	1,13	1,13	–	–	1,39
Nereididae gen. sp.	IV	-5,51	23,15	8,60	–	–	55	2,22	–	1,91	2,53	–	–	2,22	–	2,22	2,22	–	–	2,22	2,22	–	–	2,74
<i>Nereis vexillosa</i>	IV	-69,54	81,64	68,93	–	–	41	4,39	–	4,33	4,46	–	–	4,39	–	4,39	4,39	–	–	4,39	4,39	–	–	3,40
<i>Nothria iridescens</i>	IV	-32,14	100	33,03	–	–	30	2,30	–	2,25	2,36	–	–	2,30	–	2,30	2,30	–	–	2,30	2,30	–	–	2,48
<i>Nothria</i> sp.	IV	-21,79	100	21,06	–	–	9	1,86	–	1,80	1,91	–	–	1,86	–	1,86	1,86	–	–	1,86	1,86	–	–	2,10
<i>Odius kelleri</i>	IV	-56,33	100	57,32	–	–	27	3,27	–	3,22	3,33	–	–	3,27	–	3,27	3,27	–	–	3,27	3,27	–	–	2,51
<i>Oenopota</i> sp.	IV	-54,47	100	55,48	–	–	27	3,20	–	3,14	3,25	–	–	3,20	–	3,20	3,20	–	–	3,20	3,20	–	–	2,79
<i>Ophelina acuminata</i>	IV	0,08	15,65	2,66	–	–	33	1,33	–	NA	NA	–	–	1,33	–	1,33	1,33	–	–	1,33	1,33	–	–	1,83
<i>Orchomenella</i> sp.	IV	-9,24	100	8,77	–	–	55	1,36	–	1,31	1,41	–	–	1,36	–	1,36	1,36	–	–	1,36	1,36	–	–	1,63
<i>Pagurus</i> sp.	IV	-4,73	75,20	6,47	–	–	13	1,30	–	1,22	1,38	–	–	1,30	–	1,30	1,30	–	–	1,30	1,30	–	–	2,15
<i>Paradorippe granulata</i>	IV	-21,32	100	21,58	–	–	95	1,86	–	1,81	1,91	–	–	1,86	–	1,86	1,86	–	–	1,86	1,86	–	–	2,42
<i>Paranaitis polynoides</i>	IV	-14,54	92,61	14,24	–	–	45	1,62	–	1,56	1,68	–	–	1,62	–	1,62	1,62	–	–	1,62	1,62	–	–	1,82
<i>Pectinaria hyperborea</i>	IV	-28,06	100	29,38	–	–	80	2,15	–	2,09	2,20	–	–	2,15	–	2,15	2,15	–	–	2,15	2,15	–	–	2,52
<i>Pholoe minuta</i>	IV	-1,33	6,78	3,96	–	–	50	2,56	–	1,58	3,54	–	–	2,56	–	2,56	2,56	–	–	2,56	2,56	–	–	2,34
<i>Phyllodoce</i> sp.	IV	-2,61	11,27	5,62	–	–	20	2,46	–	1,83	3,09	–	–	2,46	–	2,46	2,46	–	–	2,46	2,46	–	–	2,31
<i>Pinnixa rathbuni</i>	IV	-2,71	14,29	5,74	–	–	125	2,18	–	1,68	2,68	–	–	2,18	–	2,18	2,18	–	–	2,18	2,18	–	–	2,53
<i>Pleusymtes</i> sp.	IV	-1,57	6,79	4,50	–	–	27	2,79	–	1,76	3,82	–	–	2,79	–	2,79	2,79	–	–	2,79	2,79	–	–	2,13
Polynoidae gen. sp.	IV	-27,94	100	28,66	–	–	20	2,13	–	2,08	2,19	–	–	2,13	–	2,13	2,13	–	–	2,13	2,13	–	–	2,30
Polynoidae gen. sp. 4	IV	-52,76	100	51,92	–	–	14	3,09	–	3,04	3,15	–	–	3,09	–	3,09	3,09	–	–	3,09	3,09	–	–	3,58

Продолжение таблицы А. 1

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2		1		2		
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
<i>Pontogeneia rostrata</i>	IV	-4,73	100	7,35	–	–	50	1,24	–	1,18	1,31	–	–	1,24	–	1,24	1,24	–	–	1,24	1,24	–	–	1,50
<i>Pontogeneia</i> sp.	IV	-9,08	97,91	9,98	–	–	290	1,39	–	1,33	1,44	–	–	1,39	–	1,39	1,39	–	–	1,39	1,39	–	–	1,62
<i>Potamilla reniformis</i>	IV	-15,51	100	15,75	–	–	140	1,63	–	1,57	1,68	–	–	1,63	–	1,63	1,63	–	–	1,63	1,63	–	–	2,78
<i>Potamocorbula amurensis</i>	IV	-33,85	100	36,38	–	–	900	2,40	–	2,34	2,47	–	–	2,40	–	2,40	2,40	–	–	2,40	2,40	–	–	2,36
<i>Prionospio</i> sp.	IV	-15,54	100	15,58	–	–	141	1,62	–	1,57	1,68	–	–	1,62	–	1,62	1,62	–	–	1,62	1,62	–	–	2,14
<i>Protomedeia epimerata</i>	IV	-27,95	100	29,47	–	–	350	2,15	–	2,09	2,21	–	–	2,15	–	2,15	2,15	–	–	2,15	2,15	–	–	2,30
<i>Protomedeia popovi</i>	IV	-15,44	100	15,83	–	–	230	1,63	–	1,57	1,68	–	–	1,63	–	1,63	1,63	–	–	1,63	1,63	–	–	2,00
<i>Protothaca jedoyensis</i>	IV	-10,55	40,10	13,05	–	–	20	2,18	–	2,01	2,34	–	–	2,18	–	2,18	2,18	–	–	2,18	2,18	–	–	2,52
<i>Scolelepis</i> sp.	IV	-2,87	20,67	6,15	–	–	210	1,87	–	1,51	2,23	–	–	1,87	–	1,87	1,87	–	–	1,87	1,87	–	–	2,42
<i>Serripes groenlandicus</i>	IV	-15,46	100	15,66	–	–	9	1,62	–	1,57	1,68	–	–	1,62	–	1,62	1,62	–	–	1,62	1,62	–	–	1,94
<i>Sigambra bassi</i>	IV	-2,85	8,07	4,93	–	–	600	2,93	–	2,17	3,69	–	–	2,93	–	2,93	2,93	–	–	2,93	2,93	–	–	2,55
<i>Siliqua alta</i>	IV	1,79	-87,51	-2,83	–	–	26	1,11	–	1,04	1,17	–	–	1,11	–	1,11	1,11	–	–	1,11	1,11	–	–	1,49
<i>Sphaerodoridium minutum</i>	IV	-15,25	30,65	16,05	–	–	14	3,04	–	2,87	3,22	–	–	3,04	–	3,04	3,04	–	–	3,04	3,04	–	–	2,96
<i>Spiophanes berkeleyorum</i>	IV	-15,52	63,52	17,52	–	–	60	2,04	–	1,94	2,14	–	–	2,04	–	2,04	2,04	–	–	2,04	2,04	–	–	2,12
<i>Syllidae</i> gen. sp.	IV	-13,41	100	14,69	–	–	14	1,56	–	1,51	1,62	–	–	1,56	–	1,56	1,56	–	–	1,56	1,56	–	–	1,82
<i>Synandwakia</i> sp.	IV	-33,82	100	36,04	–	–	60	2,40	–	2,33	2,46	–	–	2,40	–	2,40	2,40	–	–	2,40	2,40	–	–	2,31
<i>Synidotea cinerea</i>	IV	-7,22	12,68	8,91	–	–	5	3,54	–	3,08	4,00	–	–	3,54	–	3,10	3,98	–	–	3,54	3,54	–	–	3,24
<i>Synidotea epimerata</i>	IV	-7,68	100	9,17	–	–	30	1,34	–	1,28	1,39	–	–	1,34	–	1,34	1,34	–	–	1,34	1,34	–	–	1,70
<i>Tritodynamia rathbunae</i>	IV	-21,75	100	21,83	–	–	6	1,87	–	1,81	1,92	–	–	1,87	–	1,74	2,00	–	–	1,81	1,93	–	–	2,32
<i>Westwoodilla rectangulata</i>	IV	-15,42	100	15,85	–	–	40	1,63	–	1,57	1,68	–	–	1,63	–	1,63	1,63	–	–	1,63	1,63	–	–	2,20
<i>Westwoodilla</i> sp.	IV	-52,97	100	53,47	–	–	20	3,13	–	3,08	3,18	–	–	3,13	–	3,13	3,13	–	–	3,13	3,13	–	–	2,61
<i>Yoldia keppeliana</i>	IV	-28,39	100	29,28	–	–	25	2,15	–	2,10	2,21	–	–	2,15	–	2,15	2,15	–	–	2,15	2,15	–	–	2,20
<i>Yoldia</i> sp.	IV	-33,88	100	36,17	–	–	100	2,40	–	2,34	2,46	–	–	2,40	–	2,40	2,40	–	–	2,40	2,40	–	–	2,11
<i>Ampharete</i> sp.	V	-49,78	100	6,86	9,32	–	250	2,90	–	2,79	3,00	–	–	2,56	–	2,00	2,90	–	–	2,90	2,90	–	–	2,34
<i>Ampharetidae</i> gen. sp.	V	-11,43	40,02	19,47	55,09	–	120	2,37	–	2,23	2,49	–	–	2,36	–	2,00	2,37	–	–	2,37	2,37	–	–	1,89
<i>Amphipoda</i> fam. gen. sp.	V	0,44	11,11	4,53	34,04	–	140	1,64	–	1,42	1,86	–	–	1,80	–	1,64	1,64	–	–	1,64	1,64	–	–	1,96
<i>Aphelochaeta pacifica</i>	V	-2,63	3,28	5,19	5,38	–	6500	5,00	–	3,92	NA	–	–	5,25	–	2,00	5,00	–	–	5,00	5,00	–	–	2,72
<i>Aricidea suecica</i>	V	-40,62	100	9,73	19,59	–	60	2,56	–	2,47	2,65	–	–	2,43	–	2,00	2,56	–	–	2,56	2,56	–	–	2,35

Продолжение таблицы А. 1

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2		1		2		
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
<i>Ascidia</i> fam. gen. sp.	V	-41,64	100	12,63	25,23	–	90	2,62	–	2,54	2,70	–	–	2,53	–	2,00	2,62	–	–	2,62	2,62	–	–	2,54
<i>Asterina pectinifera</i>	V	2,45	4,87	4,41	100	–	25	1,30	–	1,17	1,43	–	–	2,00	–	1,30	1,30	–	–	1,30	1,30	–	–	2,14
<i>Cerebratulus marginatus</i>	V	-48,58	100	8,81	13,61	–	150	2,87	–	2,77	2,96	–	–	2,66	–	2,00	2,87	–	–	2,87	2,87	–	–	2,38
<i>Chaetozone setosa</i>	V	-12,16	16,56	13,65	16,72	–	2000	4,11	–	3,77	4,44	–	–	4,11	–	2,00	4,11	–	–	4,11	4,11	–	–	2,59
<i>Charisma candida</i>	V	-36,23	89,69	8,25	13,65	–	30	2,54	–	2,43	2,64	–	–	2,34	–	2,00	2,54	–	–	2,54	2,54	–	–	2,29
<i>Cryptonatica janthostoma</i>	V	1,60	5,86	6,56	100	–	14	1,38	–	1,25	1,50	–	–	1,96	–	1,38	1,38	–	–	1,38	1,38	–	–	1,95
<i>Cymatoica orientalis</i>	V	-29,63	92,04	7,20	14,57	–	35	2,21	–	2,11	2,31	–	–	2,03	–	2,00	2,21	–	–	2,21	2,21	–	–	2,00
Decapoda fam. gen. sp.	V	-1,75	18,29	4,68	25,60	–	70	1,69	–	1,43	1,94	–	–	1,71	–	1,69	1,69	–	–	1,69	1,69	–	–	2,03
<i>Diastylis</i> sp.	V	2,40	8,66	2,28	100	–	420	1,19	–	1,08	1,30	–	–	1,55	–	1,19	1,19	–	–	1,19	1,19	–	–	1,65
<i>Diastylopsis dawsoni</i>	V	-25,28	65,02	9,88	20,82	–	230	2,50	–	2,38	2,61	–	–	2,41	–	2,00	2,50	–	–	2,50	2,50	–	–	2,50
<i>Echinocardium cordatum</i>	V	1,85	7,79	2,29	100	–	60	1,19	–	1,08	1,31	–	–	1,61	–	1,19	1,19	–	–	1,19	1,19	–	–	1,68
<i>Edwardsia japonica</i>	V	-39,08	95,88	6,08	10,44	–	90	2,54	–	2,43	2,65	–	–	2,25	–	2,00	2,54	–	–	2,54	2,54	–	–	2,45
<i>Eteone longa</i>	V	-58,57	100	7,55	9,07	–	200	3,25	–	3,14	3,36	–	–	2,90	–	2,00	3,25	–	–	3,25	3,25	–	–	2,78
Gastropoda fam. gen. sp.	V	1,82	12,72	2,60	100	–	150	1,18	–	1,09	1,28	–	–	1,41	–	1,18	1,18	–	–	1,18	1,18	–	–	1,84
<i>Glycera capitata</i>	V	-1,69	8,28	5,91	7,24	–	3000	2,60	–	1,57	3,96	–	–	2,73	–	2,00	2,60	–	–	2,60	2,60	–	–	2,79
<i>Glycinde armigera</i>	V	0,78	4,56	2,33	6,85	–	110	2,14	–	1,09	3,13	–	–	2,19	–	2,00	2,14	–	–	2,14	2,14	–	–	2,34
<i>Goniada maculata</i>	V	1,33	2,70	2,09	54,49	–	190	1,38	–	1,14	1,64	–	–	2,66	–	1,38	1,38	–	–	1,38	1,38	–	–	2,25
<i>Lumbrineris longifolia</i>	V	-49,89	71,58	2,72	0,86	–	2500	3,54	–	3,27	3,79	–	–	1,15	–	2,00	3,54	–	–	3,54	3,54	–	–	2,29
<i>Macoma</i> sp.	V	-65,34	100	33,90	50,22	–	250	3,60	–	3,53	3,66	–	–	3,57	–	2,00	3,60	–	–	3,60	3,60	–	–	2,75
<i>Mediomastus californiensis</i>	V	-20,70	100	21,96	100	–	800	1,85	–	1,80	1,91	–	–	1,85	–	1,85	1,85	–	–	1,85	1,85	–	–	2,55
<i>Melita</i> sp.	V	-3,20	21,25	7,24	26,84	–	145	1,96	–	1,68	2,21	–	–	1,96	–	1,96	1,96	–	–	1,96	1,96	–	–	2,24
<i>Menestho exararissima</i>	V	-9,09	31,42	11,01	28,17	–	370	2,31	–	2,08	2,55	–	–	2,31	–	2,00	2,31	–	–	2,31	2,31	–	–	2,48
<i>Mya pseudoarenaria</i>	V	-67,76	100	7,30	7,89	–	90	3,61	–	3,49	3,72	–	–	3,20	–	2,00	3,61	–	–	3,61	3,61	–	–	2,56
<i>Mya</i> sp.	V	-1,53	11,10	4,88	8,82	–	140	1,94	–	1,27	2,79	–	–	2,02	–	1,94	1,94	–	–	1,94	1,94	–	–	2,38
Nemertea fam. gen. sp.	V	0,45	2,98	1,49	1,92	–	250	1,00	–	NA	2,93	–	–	1,14	–	1,00	1,00	–	–	1,00	1,00	–	–	2,32
<i>Nereis longior galinae</i>	V	-53,50	100	29,58	55,45	–	80	3,11	–	3,04	3,18	–	–	3,09	–	2,00	3,11	–	–	3,11	3,11	–	–	2,90
<i>Nereis zonata</i>	V	-40,56	100	18,46	41,15	–	54	2,60	–	2,53	2,67	–	–	2,57	–	2,00	2,60	–	–	2,60	2,60	–	–	2,50
<i>Nicolea</i> sp.	V	-40,16	100	27,07	64,43	–	54	2,61	–	2,54	2,67	–	–	2,60	–	2,00	2,61	–	–	2,61	2,61	–	–	2,68

Продолжение таблицы А. 1

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2		1		2		
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
<i>Notomastus latericeus</i>	V	-97,20	100	5,71	4,19	–	950	4,76	–	4,61	4,89	–	–	3,90	–	2,00	4,76	–	–	4,76	4,76	–	–	3,05
<i>Owenia fusiformis</i>	V	-2,80	19,82	4,75	16,33	–	400	1,74	–	1,40	2,11	–	–	1,74	–	1,74	1,74	–	–	1,74	1,74	–	–	2,37
<i>Philine orientalis</i>	V	-2,91	11,11	5,66	12,97	–	100	2,52	–	2,01	3,01	–	–	2,53	–	2,00	2,52	–	–	2,52	2,52	–	–	2,46
<i>Philine</i> sp.	V	-27,41	100	5,67	15,94	–	85	2,02	–	1,92	2,12	–	–	1,85	–	2,00	2,02	–	–	2,02	2,02	–	–	2,08
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	V	-27,43	100	5,61	12,23	–	280	2,01	–	1,91	2,11	–	–	1,78	–	2,00	2,01	–	–	2,01	2,01	–	–	1,86
<i>Praxillella praetermissa</i>	V	-41,72	100	9,68	18,05	–	950	2,60	–	2,52	2,69	–	–	2,46	–	2,00	2,60	–	–	2,60	2,60	–	–	2,26
<i>Praxillella</i> sp.	V	-5,23	30,09	2,84	7,38	–	900	1,52	–	1,25	1,79	–	–	1,22	–	1,52	1,52	–	–	1,52	1,52	–	–	1,85
<i>Protocallithaca adamsi</i>	V	2,05	8,56	7,85	100	–	190	1,41	–	1,30	1,52	–	–	1,78	–	1,41	1,41	–	–	1,41	1,41	–	–	2,39
<i>Protomedeia</i> sp.	V	-12,33	41,42	17,42	49,45	–	130	2,34	–	2,20	2,48	–	–	2,34	–	2,00	2,34	–	–	2,34	2,34	–	–	2,12
<i>Raeta pulchella</i>	V	2,12	4,26	2,52	100	–	180	1,23	–	1,09	1,37	–	–	2,06	–	1,23	1,23	–	–	1,23	1,23	–	–	2,05
Sabellidae gen. sp.	V	-0,05	10,93	6,87	13,35	–	700	2,63	–	1,54	3,26	–	–	2,42	–	2,00	2,63	–	–	2,63	2,63	–	–	2,17
<i>Scalibregma inflatum</i>	V	-1,97	6,39	4,91	7,11	–	800	3,18	–	2,20	4,12	–	–	3,18	–	2,00	3,18	–	–	3,18	3,18	–	–	2,42
Sipuncula fam. gen. sp.	V	-0,47	10,84	5,55	17,32	–	95	2,20	–	1,77	2,60	–	–	2,20	–	2,00	2,20	–	–	2,20	2,20	–	–	2,19
Spionidae gen. sp.	V	-1,42	10,20	3,81	8,06	–	380	1,89	–	1,21	2,64	–	–	1,90	–	1,89	1,89	–	–	1,89	1,89	–	–	2,23
Terebellidae gen. sp.	V	-15,59	100	15,55	100	–	60	1,62	–	1,57	1,68	–	–	1,62	–	1,62	1,62	–	–	1,62	1,62	–	–	2,21
<i>Yoldia johanni</i>	V	-0,39	16,06	5,55	52,63	–	40	1,50	–	1,36	1,65	–	–	1,63	–	1,50	1,50	–	–	1,50	1,50	–	–	1,76
<i>Arcuatula senhousia</i>	VI	-31,10	100	33,19	0,83	–	500	2,29	5,00	2,22	2,35	5,00	5,00	2,29	4,96	2,29	2,29	5,00	5,00	2,29	2,29	5,00	5,00	2,07
<i>Axinopsida subquadrata</i>	VI	2,30	2,40	-13,24	8,70	–	145	1,00	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	2,36	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	2,26
<i>Lumbrineris japonica</i>	VI	-6,01	17,85	10,00	0,00	–	150	2,79	5,00	2,32	3,27	5,00	5,00	2,80	5,00	2,79	2,79	5,00	5,00	2,79	2,79	5,00	5,00	2,58
<i>Phoronopsis harmeri</i>	VI	-4,13	11,44	7,38	0,00	–	6600	1,00	3,01	1,00	1,00	2,37	3,66	1,00	3,01	1,00	1,00	3,01	3,01	1,00	1,00	3,01	3,01	2,62
<i>Theora lubrica</i>	VI	-5,18	19,03	7,25	0,88	–	350	2,31	5,00	1,99	2,63	5,00	5,00	2,31	4,79	2,31	2,31	5,00	5,00	2,31	2,31	5,00	5,00	2,40
<i>Acila insignis</i>	VII	-2,75	18,28	5,34	0,15	2,77	800	1,88	5,00	1,52	2,25	5,00	5,00	1,90	5,00	1,88	1,88	5,00	5,00	1,88	1,88	5,00	5,00	1,98
<i>Asterias amurensis</i>	VII	1,48	4,85	-9,16	1,08	33,69	15	1,00	4,51	1,00	1,00	4,20	4,85	1,73	4,52	1,00	1,00	4,51	4,51	1,00	1,00	4,51	4,51	2,61
Capitellidae gen. sp.	VII	-6,15	17,31	9,16	2,10	-1,92	750	1,00	2,76	1,00	1,00	2,36	3,18	1,19	2,76	1,00	1,00	2,76	2,76	1,00	1,00	2,76	2,76	2,25
<i>Diastylis alaskensis</i>	VII	-10,50	23,52	13,26	25,07	-0,31	150	1,00	3,02	1,00	1,00	2,73	3,31	1,29	3,08	1,00	1,00	3,02	3,02	1,00	1,00	3,02	3,02	2,71
<i>Dipolydora cardalia</i>	VII	-40,73	76,01	42,66	48,48	-0,79	15000	1,00	3,19	1,00	1,00	3,12	3,27	1,83	3,47	1,00	1,00	3,19	3,19	1,00	1,00	3,19	3,19	2,66
<i>Ennucula tenuis</i>	VII	-11,50	22,86	13,19	16,88	-0,57	600	1,00	3,16	1,00	1,00	2,91	3,41	1,49	3,27	1,00	1,00	3,16	3,16	1,00	1,00	3,16	3,16	2,47
<i>Eteone bistrata</i>	VII	-27,10	100	27,90	21,95	-1,04	40	1,00	2,10	1,00	1,00	2,05	2,15	1,35	2,43	1,00	1,00	2,10	2,10	1,00	1,00	2,10	2,10	2,31

Продолжение таблицы А. 1

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2						
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя					
		нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя		верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя			верхняя	нижняя	верхняя						
<i>Eulalia bilineata</i>	VII	-7,34	17,73	10,00	1,33	-3,02	450	1,00	2,96	1,00	1,00	2,58	3,33	1,21	2,94	1,00	1,00	2,96	2,96	1,00	1,00	2,96	2,96	2,58
<i>Glycera</i> sp.	VII	16,10	18,24	5,98	1,17	-4,06	170	1,00	5,00	1,00	1,86	5,00	5,00	1,50	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	1,86
<i>Harmothoe</i> sp.	VII	-36,89	58,76	37,75	57,97	-0,57	25	1,00	3,54	1,00	1,00	3,45	3,63	1,91	3,62	1,00	1,00	3,54	3,54	1,00	1,00	3,54	3,54	2,82
<i>Magelona longicornis</i>	VII	-1,18	7,05	5,07	-0,01	6,49	120	1,00	2,70	1,00	1,00	1,51	3,95	1,00	2,82	1,00	1,00	2,70	2,70	1,00	1,00	2,70	2,70	2,46
<i>Magelona pacifica</i>	VII	-4,13	27,39	7,24	0,21	-11,0	310	1,00	1,83	1,00	1,00	1,57	2,09	1,07	1,82	1,00	1,00	1,83	1,83	1,00	1,00	1,83	1,83	1,59
<i>Melinna elisabethae</i>	VII	-3,84	11,81	6,63	0,23	1,79	360	1,00	2,77	1,00	1,00	2,19	3,35	1,00	2,77	1,00	1,00	2,77	2,77	1,00	1,00	2,77	2,77	2,44
<i>Mya arenaria</i>	VII	3,91	-0,34	13,65	0,68	-100	40	1,00	2,93	1,00	1,00	2,70	3,16	1,00	2,11	1,00	1,00	2,93	2,93	1,00	1,00	2,93	2,93	1,76
<i>Nephtys caeca</i>	VII	-9,58	44,91	11,89	1,76	-4,59	30	1,00	1,95	1,00	1,00	1,82	2,10	1,22	2,06	1,00	1,00	1,95	1,95	1,00	1,00	1,95	1,95	1,78
<i>Nephtys</i> sp.	VII	60,67	100,0	7,18	0,95	-5,81	45	1,00	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	1,49	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	1,85
<i>Nereis</i> sp.	VII	-5,32	21,01	7,55	0,58	33,68	28	2,23	4,33	1,93	2,52	4,13	4,53	2,22	4,36	2,23	2,23	4,33	4,33	2,23	2,23	4,33	4,33	2,67
<i>Ophiura sarsii</i>	VII	2,52	-1,18	0,10	0,29	-100	1600	2,00	5,00	1,80	2,17	2,61	5,00	1,67	3,74	2,00	2,00	5,00	5,00	2,00	2,00	5,00	5,00	2,23
<i>Pectinaria</i> sp.	VII	23,02	49,19	1,95	0,71	1,95	70	1,00	1,71	1,00	1,00	1,43	1,98	1,00	1,54	1,00	1,00	1,71	1,71	1,00	1,00	1,71	1,71	2,30
<i>Pherusa plumosa</i>	VII	-30,93	60,79	31,81	44,26	-0,63	125	1,00	5,00	1,00	3,15	5,00	5,00	2,92	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	2,49
<i>Philinopsis giglioli</i>	VII	-10,52	100	9,48	0,07	66,21	80	1,40	5,00	1,35	1,45	5,00	5,00	1,44	5,00	1,40	1,71	5,00	5,00	1,40	1,71	5,00	5,00	1,52
Phyllodocidae gen. sp.	VII	2,29	2,90	12,04	-0,17	50,52	50	1,49	5,00	1,24	1,73	5,00	5,00	2,37	5,00	1,49	1,49	5,00	5,00	1,49	1,49	5,00	5,00	2,30
<i>Priapulus caudatus</i>	VII	-16,83	28,25	18,08	53,24	-0,26	60	1,00	3,47	1,00	1,00	3,27	3,67	1,64	3,52	1,00	1,00	3,47	3,47	1,00	1,00	3,47	3,47	2,70

Примечание. NA – параметр для модели оценить невозможно, прочерк – параметр в модели отсутствует.

Таблица А.2 – Некоторые параметры кривых отклика, полученных на основе встречаемости таксонов макрозообентоса

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2		1		2		
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
<i>Ampharete acutifrons</i>	I	3,26	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,06
<i>Asterina pectinifera</i>	I	2,70	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,14
<i>Bela erosa</i>	I	2,48	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,24
<i>Cerebratulus signatus</i>	I	3,26	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,45
<i>Cerebratulus</i> sp.	I	2,84	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,25
<i>Eteone bistrata</i>	I	3,26	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,31
<i>Eteone</i> sp.	I	1,98	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,44
<i>Lanassa</i> sp.	I	3,16	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,30
Lineidae gen. sp.	I	2,43	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,15
<i>Melita</i> sp.	I	2,84	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,24
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	I	3,26	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,44
Nemertea fam. gen. sp.	I	0,97	–	–	–	–	2	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,37
<i>Pagurus</i> sp.	I	3,26	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,15
<i>Pectinaria</i> sp.	I	4,90	–	–	–	–	10	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,30
<i>Phyllodoce</i> .	I	3,26	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,31
Phyllodoceidae gen. sp.	I	2,29	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,30
<i>Pleusymtes</i> sp.	I	2,99	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,13
<i>Polydora</i> sp.	I	2,43	–	–	–	–	1	NA	–	0,00	NA	–	–	3,00	–	1,00	5,00	–	–	1,00	5,00	–	–	2,48
<i>Ampharete sibirica</i>	II	0,92	7,58	–	–	–	1	1,00	–	NA	–	–	–	-1,11	–	1,00	2,21	–	–	1,00	1,34	–	–	1,62
Ampharetidae gen. sp.	II	1,55	3,70	–	–	–	1	1,00	–	NA	–	–	–	-1,16	–	1,00	3,35	–	–	1,00	1,63	–	–	1,89
<i>Amphiodia fissa</i>	II	-0,80	7,64	–	–	–	1	1,00	–	1,42	–	–	–	-0,69	–	1,00	2,61	–	–	1,00	1,59	–	–	1,72
<i>Anisocorbula venusta</i>	II	4,05	-1,99	–	–	–	1	5,00	–	NA	–	–	–	6,67	–	1,00	5,00	–	–	3,89	5,00	–	–	2,82
<i>Anonyx</i> sp.	II	2,06	4,53	–	–	–	1	1,00	–	NA	–	–	–	-1,40	–	1,00	2,86	–	–	1,00	1,48	–	–	1,81
<i>Aphelochaeta pacifica</i>	II	1,49	-3,05	–	–	–	1	5,00	–	2,95	–	–	–	5,54	–	1,00	5,00	–	–	2,96	5,00	–	–	2,72
<i>Capitella capitata</i>	II	2,50	-2,45	–	–	–	1	5,00	–	NA	–	–	–	6,12	–	1,00	5,00	–	–	3,66	5,00	–	–	2,81
Caprellidae gen. sp.	II	1,73	5,17	–	–	–	1	1,00	–	NA	–	–	–	-1,32	–	1,00	2,66	–	–	1,00	1,44	–	–	1,76
<i>Cheilonereis cyclurus</i>	II	5,17	-5,52	–	–	–	1	5,00	–	4,75	–	–	–	6,67	–	2,97	5,00	–	–	4,32	5,00	–	–	3,58
<i>Chone cincta</i>	II	7,71	-8,05	–	–	–	1	5,00	–	4,83	–	–	–	6,82	–	3,61	5,00	–	–	4,53	5,00	–	–	4,18

Продолжение таблицы А.2

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2		1		2		
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
		нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя		верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя			верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	
<i>Cryptonatica janthostoma</i>	II	1,95	3,09	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,18	-	1,00	3,74	-	-	1,00	1,72	-	-	1,95
<i>Derjuginella rufofasciata</i>	II	2,11	2,43	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-0,98	-	1,00	4,46	-	-	1,00	1,90	-	-	2,02
<i>Diastylis</i> sp.	II	0,55	7,31	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,02	-	1,00	2,32	-	-	1,00	1,39	-	-	1,65
<i>Diplodonta semiosperoides</i>	II	1,25	9,36	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,18	-	1,00	1,95	-	-	1,00	1,26	-	-	1,53
<i>Echinocardium cordatum</i>	II	0,65	6,76	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,03	-	1,00	2,40	-	-	1,00	1,41	-	-	1,68
<i>Felaniella usta</i>	II	1,38	8,41	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,22	-	1,00	2,04	-	-	1,00	1,28	-	-	1,57
Gastropoda fam. gen. sp.	II	1,18	4,37	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,10	-	1,00	3,05	-	-	1,00	1,56	-	-	1,84
<i>Glycera</i> sp.	II	-1,04	5,97	-	-	-	1	1,00	-	1,70	-	-	-	-0,49	-	1,00	3,17	-	-	1,00	1,84	-	-	1,86
<i>Grandifoxus longirostris</i>	II	0,97	11,57	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,11	-	1,00	1,79	-	-	1,00	1,22	-	-	1,45
<i>Grandifoxus robustus</i>	II	1,50	7,68	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,25	-	1,00	2,13	-	-	1,00	1,30	-	-	1,60
<i>Liocyma fluctuosa</i>	II	1,06	6,76	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,14	-	1,00	2,34	-	-	1,00	1,37	-	-	1,66
<i>Macoma nipponica</i>	II	4,18	-2,28	-	-	-	1	5,00	-	NA	-	-	-	6,83	-	1,28	5,00	-	-	4,02	5,00	-	-	2,90
<i>Mactra chinensis</i>	II	0,75	13,54	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,07	-	1,00	1,69	-	-	1,00	1,20	-	-	1,40
Maldanidae gen. sp.	II	1,25	2,26	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-0,59	-	1,00	4,94	-	-	1,00	2,08	-	-	2,06
<i>Mya arenaria</i>	II	1,94	5,10	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,39	-	1,00	2,66	-	-	1,00	1,44	-	-	1,76
<i>Neomysis</i> sp.	II	0,55	14,32	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,04	-	1,00	1,67	-	-	1,00	1,20	-	-	1,39
<i>Nephtys longosetosa</i>	II	1,25	9,36	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,18	-	1,00	1,95	-	-	1,00	1,26	-	-	1,53
<i>Nephtys</i> sp.	II	0,82	4,42	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-0,98	-	1,00	3,10	-	-	1,00	1,60	-	-	1,85
<i>Onuphis iridescens</i>	II	1,19	4,09	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,08	-	1,00	3,18	-	-	1,00	1,60	-	-	1,86
<i>Onuphis</i> sp.	II	0,56	11,01	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,05	-	1,00	1,87	-	-	1,00	1,26	-	-	1,48
<i>Ophelina acuminata</i>	II	2,01	4,29	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,37	-	1,00	2,97	-	-	1,00	1,51	-	-	1,83
<i>Philine</i> sp.	II	1,45	2,05	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-0,53	-	1,00	5,00	-	-	1,00	2,15	-	-	2,08
<i>Praxillella gracilis</i>	II	1,29	2,96	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-0,91	-	1,00	4,00	-	-	1,00	1,82	-	-	1,98
<i>Praxillella</i> sp.	II	-0,07	4,98	-	-	-	1	1,00	-	1,06	-	-	-	-0,71	-	1,00	3,13	-	-	1,00	1,69	-	-	1,85
<i>Prionospio malmgreni</i>	II	4,18	-2,28	-	-	-	1	5,00	-	NA	-	-	-	6,83	-	1,28	5,00	-	-	4,02	5,00	-	-	2,90
<i>Schistomeringos japonica</i>	II	2,86	-4,91	-	-	-	1	5,00	-	3,33	-	-	-	5,97	-	1,71	5,00	-	-	3,45	5,00	-	-	3,02
<i>Siliqua alta</i>	II	1,11	10,45	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,14	-	1,00	1,86	-	-	1,00	1,24	-	-	1,49
<i>Solen krusensterni</i>	II	1,35	8,64	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,21	-	1,00	2,02	-	-	1,00	1,28	-	-	1,56

Продолжение таблицы А.2

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2		1		2		
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
		нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя		верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя			верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	
Solenogastres fam. gen. sp.	II	1,69	4,58	-	-	-	1	1,00	-	NA	-	-	-	-1,29	-	1,00	2,87	-	-	1,00	1,50	-	-	1,81
<i>Spiophanes bombyx</i>	II	2,57	2,11	-	-	-	8	1,00	-	NA	-	-	-	-0,89	-	1,00	1,00	-	-	1,00	1,00	-	-	2,05
<i>Ampelisca macrocephala</i>	III	-72,13	100	1,94	-	-	1	1,00	3,80	3,89	-	-	-	0,44	-	1,00	3,96	-	-	1,00	3,87	-	-	2,27
<i>Ampharete</i> sp.	III	-70,74	100	1,35	-	-	1	1,00	3,74	3,83	-	-	-	0,41	-	1,00	3,90	-	-	1,00	3,81	-	-	2,34
<i>Asychis</i> sp.	III	-27,22	100	2,30	-	-	1	1,00	2,00	2,09	-	-	-	-0,46	-	1,00	2,16	-	-	1,00	2,07	-	-	1,64
<i>Axinopsida subquadrata</i>	III	-72,50	100	0,71	-	-	1	1,00	3,81	3,90	-	-	-	0,45	-	1,00	3,97	-	-	1,00	3,88	-	-	2,26
<i>Byblis</i> sp.	III	-26,33	100	2,27	-	-	1	1,00	1,97	2,05	-	-	-	-0,47	-	1,00	2,13	-	-	1,00	2,04	-	-	1,58
<i>Carinomella</i> sp.	III	-27,22	100	2,30	-	-	1	1,00	2,00	2,09	-	-	-	-0,46	-	1,00	2,16	-	-	1,00	2,07	-	-	1,64
<i>Crangon amurensis</i>	III	17,94	-100	2,85	-	-	1	1,81	5,00	1,72	-	-	-	5,36	-	1,64	5,00	-	-	1,74	5,00	-	-	2,56
<i>Echinarachnius parma</i>	III	-11,46	100	1,05	-	-	1	1,00	1,37	1,46	-	-	-	-0,77	-	1,00	1,53	-	-	1,00	1,44	-	-	1,28
<i>Glycinde armigera</i>	III	-79,97	100	1,67	-	-	1	1,00	4,11	4,20	-	-	-	0,60	-	1,00	4,27	-	-	1,00	4,18	-	-	2,34
<i>Goniada maculata</i>	III	-72,28	100	-0,07	-	-	1	1,00	3,80	3,89	-	-	-	0,45	-	1,00	3,97	-	-	1,00	3,87	-	-	2,26
<i>Harmothoe imbricata</i>	III	3,88	-12,07	1,88	-	-	1	3,01	5,00	2,29	-	-	-	5,62	-	1,67	5,00	-	-	2,43	5,00	-	-	2,92
Holothuroidea fam. gen. sp.	III	-32,80	100	2,47	-	-	1	1,00	2,22	2,31	-	-	-	-0,34	-	1,00	2,39	-	-	1,00	2,29	-	-	1,70
Isopoda fam. gen. sp.	III	-34,93	100	2,57	-	-	1	1,00	2,31	2,40	-	-	-	-0,30	-	1,00	2,47	-	-	1,00	2,38	-	-	1,74
<i>Lumbrineris longifolia</i>	III	-13,55	15,46	-1,87	-	-	1	1,00	3,94	4,50	-	-	-	0,77	-	1,00	4,98	-	-	1,00	4,39	-	-	2,29
<i>Magelona pacifica</i>	III	-25,95	100	1,64	-	-	1	1,00	1,95	2,04	-	-	-	-0,48	-	1,00	2,11	-	-	1,00	2,02	-	-	1,59
<i>Mya pseudoarenaria</i>	III	18,39	-100	2,59	-	-	1	1,82	5,00	1,74	-	-	-	5,37	-	1,66	5,00	-	-	1,75	5,00	-	-	2,56
<i>Nephtys caeca</i>	III	-36,65	100	2,64	-	-	1	1,00	2,38	2,47	-	-	-	-0,27	-	1,00	2,54	-	-	1,00	2,45	-	-	1,78
Nereididae gen. sp.	III	22,40	-100	2,85	-	-	1	1,98	5,00	1,90	-	-	-	5,45	-	1,82	5,00	-	-	1,91	5,00	-	-	2,74
<i>Nereis</i> sp.	III	3,03	-19,58	1,75	-	-	1	2,07	5,00	1,62	-	-	-	5,30	-	1,24	5,00	-	-	1,71	5,00	-	-	2,67
<i>Nereis vexillosa</i>	III	45,66	-100	1,75	-	-	1	2,91	5,00	2,83	-	-	-	5,91	-	2,75	5,00	-	-	2,84	5,00	-	-	3,40
<i>Odius kelleri</i>	III	21,94	-100	2,86	-	-	1	1,97	5,00	1,88	-	-	-	5,44	-	1,80	5,00	-	-	1,90	5,00	-	-	2,51
<i>Ophiura sarsii</i>	III	-74,72	100	-0,45	-	-	1	1,00	3,90	3,99	-	-	-	0,49	-	1,00	4,06	-	-	1,00	3,97	-	-	2,25
<i>Paradorippe granulata</i>	III	14,39	-100	2,38	-	-	1	1,66	5,00	1,58	-	-	-	5,29	-	1,50	5,00	-	-	1,59	5,00	-	-	2,42
<i>Pherusa plumosa</i>	III	12,35	-100	1,80	-	-	1	1,58	5,00	1,49	-	-	-	5,25	-	1,42	5,00	-	-	1,51	5,00	-	-	2,49
<i>Philine argentata</i>	III	28,82	-100	1,65	-	-	1	2,24	5,00	2,15	-	-	-	5,58	-	2,08	5,00	-	-	2,17	5,00	-	-	3,13
<i>Philine orientalis</i>	III	14,63	-100	3,72	-	-	9	1,67	5,00	1,59	-	-	-	5,29	-	3,47	5,00	-	-	3,47	5,00	-	-	2,46

Продолжение таблицы А.2

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2		1		2		
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
		нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя		верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя			верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	
<i>Philinopsis giglioli</i>	III	-13,91	61,36	1,52	-	-	1	1,00	1,76	1,91	-	-	-	-0,55	-	1,00	2,03	-	-	1,00	1,88	-	-	1,52
<i>Pholoe minuta</i>	III	-67,69	100	1,91	-	-	1	1,00	3,62	3,71	-	-	-	0,35	-	1,00	3,78	-	-	1,00	3,69	-	-	2,34
<i>Phoronopsis harmeri</i>	III	10,68	-100	1,45	-	-	1	1,51	5,00	1,43	-	-	-	5,21	-	1,35	5,00	-	-	1,44	5,00	-	-	2,62
<i>Pinnixa rathbuni</i>	III	14,81	-100	1,88	-	-	1	1,68	5,00	1,59	-	-	-	5,30	-	1,52	5,00	-	-	1,61	5,00	-	-	2,53
Polynoidae gen. sp. 4	III	49,35	-100	1,58	-	-	1	3,06	5,00	2,97	-	-	-	5,99	-	2,90	5,00	-	-	2,99	5,00	-	-	3,58
<i>Protocallithaca adamsi.</i>	III	-79,69	100	2,28	-	-	2	1,00	4,10	4,19	-	-	-	0,59	-	1,00	4,23	-	-	1,00	1,94	-	-	2,37
<i>Protomedeia microdactyla</i>	III	-27,60	100	2,31	-	-	1	1,00	2,02	2,10	-	-	-	-0,45	-	1,00	2,18	-	-	1,00	2,09	-	-	1,71
Sabellidae gen. sp.	III	-56,21	100	2,35	-	-	1	1,00	3,16	3,25	-	-	-	0,12	-	1,00	3,32	-	-	1,00	3,23	-	-	2,17
<i>Scoloplos armiger</i>	III	-74,70	100	4,73	-	-	1	1,00	3,90	3,99	-	-	-	0,49	-	1,00	1,94	-	-	1,00	1,94	-	-	2,23
Sipuncula fam. gen. sp.	III	-67,06	100	2,19	-	-	1	1,00	3,59	3,68	-	-	-	0,34	-	1,00	3,76	-	-	1,00	3,67	-	-	2,19
<i>Sternaspis scutata</i>	III	-35,63	100	2,19	-	-	1	1,00	2,34	2,43	-	-	-	-0,29	-	1,00	2,50	-	-	1,00	2,41	-	-	1,77
<i>Synidotea epimerata</i>	III	-22,67	74,13	2,46	-	-	1	1,00	2,10	2,22	-	-	-	-0,39	-	1,00	2,32	-	-	1,00	2,20	-	-	1,70
Terebellidae gen. sp.	III	-67,01	100	2,14	-	-	1	1,00	3,59	3,68	-	-	-	0,34	-	1,00	3,75	-	-	1,00	3,66	-	-	2,26
<i>Theora lubrica</i>	III	2,50	-22,23	1,03	-	-	1	1,84	5,00	1,45	-	-	-	5,22	-	1,12	5,00	-	-	1,53	5,00	-	-	2,54
<i>Yoldia</i> sp.	III	-57,30	100	2,82	-	-	1	1,00	3,20	3,29	-	-	-	0,15	-	1,00	3,37	-	-	1,00	3,27	-	-	2,11
<i>Acila.insignis</i>	IV	-2,52	10,76	2,17	-	-	1	1,87	-	1,38	2,36	-	-	1,87	-	1,00	3,11	-	-	1,32	2,42	-	-	1,98
Actiniaria fam. gen. sp.	IV	-1,73	8,12	2,80	-	-	1	2,11	-	1,44	2,79	-	-	2,11	-	1,00	3,78	-	-	1,37	2,86	-	-	2,15
<i>Alveinus ojanus</i>	IV	-1,78	15,65	2,59	-	-	1	1,56	-	1,21	1,90	-	-	1,56	-	1,00	2,42	-	-	1,18	1,94	-	-	1,68
<i>Amphiodia periercta</i>	IV	-5,78	31,85	6,32	-	-	1	1,76	-	1,59	1,93	-	-	1,76	-	1,34	2,18	-	-	1,57	1,95	-	-	1,75
Amphipoda fam. gen. sp.	IV	-1,98	9,78	1,89	-	-	1	1,79	-	1,25	2,33	-	-	1,79	-	1,00	3,15	-	-	1,19	2,39	-	-	1,96
Aphroditidae gen. sp.	IV	-2,44	23,03	4,45	-	-	3	1,60	-	1,33	1,86	-	-	1,60	-	1,21	1,99	-	-	1,60	1,60	-	-	1,65
<i>Arca boucardi</i>	IV	-4,73	16,07	7,99	-	-	3	2,58	-	2,12	3,04	-	-	2,58	-	1,95	3,21	-	-	2,58	2,58	-	-	2,47
<i>Arcuatula senhousia</i>	IV	-5,44	23,03	6,77	-	-	1	2,06	-	1,82	2,30	-	-	2,06	-	1,47	2,65	-	-	1,79	2,33	-	-	2,07
<i>Aricidea catherinae</i>	IV	-4,18	11,37	6,32	-	-	3	2,85	-	2,30	3,39	-	-	2,85	-	2,05	3,64	-	-	2,85	2,85	-	-	2,61
<i>Aricidea suecica</i>	IV	-8,42	26,26	9,66	-	-	1	2,38	-	2,17	2,59	-	-	2,38	-	1,86	2,90	-	-	2,14	2,61	-	-	2,35
Ascidia fam. gen. sp.	IV	-3,84	9,97	5,08	-	-	1	2,79	-	2,23	3,35	-	-	2,79	-	1,42	4,15	-	-	2,17	3,40	-	-	2,54
<i>Balanus rostratus</i>	IV	-4,65	12,17	6,31	-	-	1	2,80	-	2,32	3,28	-	-	2,80	-	1,66	3,94	-	-	2,28	3,32	-	-	2,58
<i>Brada</i> sp.	IV	-15,72	50,18	15,85	-	-	1	2,26	-	2,15	2,36	-	-	2,26	-	1,99	2,52	-	-	2,14	2,38	-	-	2,26

Продолжение таблицы А.2

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
										1		2				1		2		1		2		
		a	b	c	d	e		1	2	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
		<i>Cadella lubrica</i>	IV	-1,73	17,95	3,13		-	-	1	1,54	-	1,23			1,86	-	-	1,54	-	1,00	2,31	-	
<i>Capitellidae gen. sp.</i>	IV	-3,34	10,40	3,25	-	-	1	2,27	-	1,76	2,77	-	-	2,27	-	1,00	3,54	-	-	1,70	2,83	-	-	2,25
<i>Cerebratulus marginatus</i>	IV	-4,34	13,65	5,81	-	-	2	2,49	-	2,07	2,90	-	-	2,49	-	1,71	3,27	-	-	2,49	2,49	-	-	2,38
<i>Charisma candida</i>	IV	-8,73	29,11	9,85	-	-	1	2,28	-	2,09	2,47	-	-	2,28	-	1,81	2,74	-	-	2,07	2,49	-	-	2,29
<i>Cirratulus cirratus</i>	IV	-4,67	9,09	5,60	-	-	1	3,26	-	2,66	3,86	-	-	3,26	-	1,78	4,74	-	-	2,60	3,92	-	-	2,85
<i>Cistenides granulata</i>	IV	-2,75	12,58	7,13	-	-	6	2,57	-	1,85	3,29	-	-	2,57	-	2,11	3,04	-	-	2,57	2,57	-	-	2,41
<i>Cistenides hyperborea</i>	IV	-6,10	18,34	7,68	-	-	1	2,50	-	2,19	2,82	-	-	2,50	-	1,75	3,26	-	-	2,16	2,85	-	-	2,46
<i>Crassicorophium crassicorne</i>	IV	-9,17	25,39	8,47	-	-	1	2,39	-	2,18	2,60	-	-	2,39	-	1,86	2,92	-	-	2,15	2,62	-	-	2,36
<i>Diastylis alaskensis</i>	IV	-4,85	12,27	7,29	-	-	4	2,98	-	2,45	3,50	-	-	2,98	-	2,36	3,60	-	-	2,98	2,98	-	-	2,71
<i>Diastylis goodsiri</i>	IV	-5,33	20,67	6,87	-	-	1	2,18	-	1,90	2,46	-	-	2,18	-	1,51	2,85	-	-	1,88	2,48	-	-	2,20
<i>Diastylopsis dawsoni</i>	IV	-6,61	17,43	6,93	-	-	1	2,55	-	2,25	2,86	-	-	2,55	-	1,79	3,32	-	-	2,21	2,89	-	-	2,50
<i>Ennucula tenuis</i>	IV	-1,54	5,68	4,03	-	-	9	2,96	-	1,82	4,10	-	-	2,96	-	2,96	2,96	-	-	2,96	2,96	-	-	2,47
<i>Eteone longa</i>	IV	-4,31	7,92	4,90	-	-	1	3,33	-	2,65	4,00	-	-	3,33	-	1,64	5,00	-	-	2,57	4,08	-	-	2,78
<i>Eulalia bilineata</i>	IV	-2,66	8,19	5,63	-	-	8	3,02	-	2,16	3,88	-	-	3,02	-	3,02	3,02	-	-	3,02	3,02	-	-	2,58
<i>Eumida sanguinea</i>	IV	-8,18	18,48	9,23	-	-	1	2,88	-	2,59	3,18	-	-	2,88	-	2,15	3,62	-	-	2,56	3,21	-	-	2,75
<i>Gaetice depressus</i>	IV	-3,13	10,85	5,15	-	-	1	2,53	-	1,97	3,09	-	-	2,53	-	1,22	3,83	-	-	1,92	3,13	-	-	2,40
<i>Glycera capitata</i>	IV	-5,63	6,42	2,86	-	-	1	3,64	-	2,59	4,70	-	-	3,64	-	1,32	5,00	-	-	2,54	4,75	-	-	2,79
<i>Glycera chirori</i>	IV	-13,14	27,41	13,30	-	-	1	2,93	-	2,74	3,12	-	-	2,93	-	2,45	3,41	-	-	2,71	3,14	-	-	2,84
<i>Harmothoe sp.</i>	IV	-3,52	7,57	6,09	-	-	2	3,54	-	2,67	4,41	-	-	3,54	-	2,02	5,00	-	-	3,54	3,54	-	-	2,82
<i>Lumbrineris japonica</i>	IV	-5,11	13,58	6,71	-	-	1	2,74	-	2,32	3,17	-	-	2,74	-	1,72	3,76	-	-	2,28	3,21	-	-	2,58
<i>Macoma calcarea</i>	IV	-8,40	29,06	9,49	-	-	1	2,23	-	2,04	2,42	-	-	2,23	-	1,77	2,70	-	-	2,02	2,44	-	-	2,24
<i>Macoma incongrua</i>	IV	-12,37	42,77	12,79	-	-	1	2,18	-	2,05	2,30	-	-	2,18	-	1,87	2,49	-	-	2,04	2,31	-	-	2,19
<i>Macoma scarlatoi</i>	IV	-12,43	16,92	11,20	-	-	1	3,79	-	3,46	4,12	-	-	3,79	-	2,99	4,60	-	-	3,43	4,16	-	-	3,57
<i>Macoma sp.</i>	IV	-3,41	5,29	3,56	-	-	1	3,63	-	2,64	4,63	-	-	3,63	-	1,13	5,00	-	-	2,52	4,75	-	-	2,75
<i>Macoma tokyoensis</i>	IV	-4,00	13,97	5,26	-	-	1	2,33	-	1,93	2,73	-	-	2,33	-	1,35	3,30	-	-	1,89	2,77	-	-	2,30
<i>Mediomastus californiensis</i>	IV	-3,35	8,54	4,77	-	-	1	2,90	-	2,24	3,56	-	-	2,90	-	1,29	4,51	-	-	2,17	3,63	-	-	2,55
<i>Melanochlamys diomedea</i>	IV	-12,99	38,97	13,71	-	-	1	2,37	-	2,23	2,51	-	-	2,37	-	2,03	2,71	-	-	2,22	2,52	-	-	2,37
<i>Melinna elisabethae</i>	IV	-2,70	6,27	2,92	-	-	1	2,79	-	1,95	3,63	-	-	2,79	-	1,00	4,91	-	-	1,85	3,73	-	-	2,44

Продолжение таблицы А.2

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
										1		2				1		2		1		2		
		a	b	c	d	e		1	2	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
		<i>Menestho exaratisissima</i>	IV	-6,51	18,37	7,63		-	-	1	2,54	-	2,24			2,84	-	-	2,54	-	1,80	3,28	-	
<i>Monoculodes breviops</i>	IV	-4,31	13,81	6,21	-	-	1	2,52	-	2,09	2,95	-	-	2,52	-	1,50	3,54	-	-	2,05	2,99	-	-	2,44
<i>Monoculodes diamesus</i>	IV	-7,38	21,70	8,76	-	-	1	2,49	-	2,23	2,75	-	-	2,49	-	1,86	3,12	-	-	2,20	2,77	-	-	2,45
<i>Monoculodes sp.</i>	IV	-3,62	8,47	5,11	-	-	1	3,06	-	2,39	3,74	-	-	3,06	-	1,44	4,69	-	-	2,33	3,80	-	-	2,64
<i>Monoculodes zernovi</i>	IV	-1,88	20,80	3,04	-	-	1	1,47	-	1,21	1,74	-	-	1,47	-	1,00	2,13	-	-	1,18	1,77	-	-	1,56
<i>Mya japonica</i>	IV	-15,90	47,97	16,32	-	-	1	2,34	-	2,23	2,45	-	-	2,34	-	2,07	2,62	-	-	2,22	2,47	-	-	2,35
<i>Mya truncata</i>	IV	-3,27	7,53	6,05	-	-	2	3,48	-	2,57	4,38	-	-	3,48	-	1,92	5,00	-	-	3,48	3,48	-	-	2,77
<i>Mya uzenensis</i>	IV	-7,10	11,55	7,49	-	-	1	3,53	-	3,07	3,99	-	-	3,53	-	2,38	4,68	-	-	3,02	4,04	-	-	3,17
<i>Myxicola sp.</i>	IV	-7,22	19,44	8,59	-	-	1	2,63	-	2,34	2,92	-	-	2,63	-	1,92	3,33	-	-	2,31	2,95	-	-	2,54
<i>Nassarius multigranulosus</i>	IV	-12,26	39,56	12,95	-	-	1	2,27	-	2,14	2,41	-	-	2,27	-	1,94	2,61	-	-	2,12	2,43	-	-	2,29
<i>Neohaustator fortilirata</i>	IV	-1,57	13,81	3,43	-	-	1	1,72	-	1,29	2,15	-	-	1,72	-	1,00	2,74	-	-	1,26	2,19	-	-	1,85
<i>Nereis zonata</i>	IV	-4,84	14,32	6,62	-	-	1	2,60	-	2,19	3,01	-	-	2,60	-	1,62	3,58	-	-	2,15	3,05	-	-	2,50
<i>Notomastus latericeus</i>	IV	-6,72	7,51	4,13	-	-	1	3,89	-	3,01	4,77	-	-	3,89	-	1,93	5,00	-	-	2,96	4,81	-	-	3,05
<i>Oenopota sp.</i>	IV	-4,19	8,82	5,79	-	-	1	3,27	-	2,61	3,92	-	-	3,26	-	1,70	4,83	-	-	2,55	3,98	-	-	2,79
<i>Orchomenella sp.</i>	IV	-1,84	19,19	3,12	-	-	1	1,52	-	1,23	1,81	-	-	1,52	-	1,00	2,23	-	-	1,20	1,84	-	-	1,63
<i>Owenia fusiformis</i>	IV	-1,88	7,02	3,69	-	-	2	2,59	-	1,75	3,43	-	-	2,59	-	1,04	4,13	-	-	2,59	2,59	-	-	2,37
<i>Polynoidae gen. sp.</i>	IV	-13,81	43,17	14,38	-	-	1	2,31	-	2,18	2,43	-	-	2,31	-	2,00	2,62	-	-	2,17	2,44	-	-	2,30
<i>Pontogeneia rostrata</i>	IV	-1,12	19,48	2,13	-	-	1	1,33	-	1,05	1,61	-	-	1,33	-	1,00	2,03	-	-	1,02	1,64	-	-	1,50
<i>Pontogeneia sp.</i>	IV	-5,05	33,89	5,53	-	-	1	1,62	-	1,47	1,78	-	-	1,62	-	1,23	2,02	-	-	1,45	1,80	-	-	1,62
<i>Potamocorbula amurensis</i>	IV	-12,69	37,20	13,26	-	-	1	2,40	-	2,25	2,54	-	-	2,40	-	2,04	2,75	-	-	2,24	2,56	-	-	2,36
<i>Praxillella praetermissa</i>	IV	-2,60	9,41	3,80	-	-	1	2,36	-	1,77	2,95	-	-	2,36	-	1,00	3,80	-	-	1,71	3,01	-	-	2,26
<i>Priapulius caudatus</i>	IV	-4,87	8,55	4,22	-	-	1	3,12	-	2,50	3,75	-	-	3,12	-	1,56	4,69	-	-	2,43	3,82	-	-	2,70
<i>Prionospio nova</i>	IV	-10,61	48,46	10,24	-	-	1	1,86	-	1,75	1,97	-	-	1,86	-	1,59	2,13	-	-	1,74	1,98	-	-	1,88
<i>Prionospio sp.</i>	IV	-1,71	6,39	2,44	-	-	1	2,30	-	1,46	3,14	-	-	2,30	-	1,00	4,40	-	-	1,37	3,24	-	-	2,26
<i>Protomedeia epimerata</i>	IV	-3,54	13,58	5,54	-	-	1	2,34	-	1,89	2,78	-	-	2,34	-	1,29	3,38	-	-	1,86	2,82	-	-	2,30
<i>Pseudopotamilla sp.</i>	IV	-32,65	82,58	31,26	-	-	1	2,55	-	2,48	2,62	-	-	2,55	-	2,38	2,71	-	-	2,47	2,62	-	-	2,54
<i>Raeta pulchella</i>	IV	-0,50	6,16	1,64	-	-	2	1,69	-	NA	NA	-	-	1,70	-	1,00	3,39	-	-	1,69	1,69	-	-	2,05
<i>Serripes groenlandicus</i>	IV	-3,95	20,52	5,39	-	-	1	1,91	-	1,63	2,19	-	-	1,91	-	1,24	2,58	-	-	1,61	2,21	-	-	1,94

Продолжение таблицы А.2

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2		1		2		
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
		нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя		верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя			верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	
<i>Sphaerodoridium minutum</i>	IV	-28,93	56,20	26,77	–	–	1	2,98	–	2,87	3,09	–	–	2,98	–	2,73	3,24	–	–	2,86	3,10	–	–	2,96
Spionidae gen. sp.	IV	-1,29	4,42	1,15	–	–	1	2,10	–	NA	NA	–	–	2,12	–	1,00	5,00	–	–	1,00	3,44	–	–	2,23
<i>Spiophanes berkeleyorum</i>	IV	-3,92	16,71	5,15	–	–	1	2,09	–	1,75	2,42	–	–	2,09	–	1,27	2,90	–	–	1,72	2,45	–	–	2,12
<i>Synandwakia</i> sp.	IV	-10,23	32,44	11,21	–	–	1	2,32	–	2,15	2,49	–	–	2,32	–	1,91	2,74	–	–	2,14	2,51	–	–	2,31
<i>Yoldia keppeliana</i>	IV	-11,71	40,28	12,26	–	–	1	2,19	–	2,06	2,32	–	–	2,19	–	1,86	2,52	–	–	2,04	2,34	–	–	2,20
<i>Asabellides sibirica</i>	V	-67,61	100	4,74	5,09	–	1	3,58	–	3,44	3,71	–	–	2,88	–	1,83	3,79	–	–	3,08	3,70	–	–	2,72
<i>Chaetozone setosa</i>	V	-96,21	100	4,27	1,52	–	10	4,68	–	4,51	4,85	–	–	2,61	–	2,00	4,68	–	–	4,68	4,68	–	–	2,59
<i>Chone</i> sp.	V	-72,47	100	3,26	2,75	–	1	3,75	–	3,58	3,90	–	–	2,42	–	1,00	3,98	–	–	2,84	3,89	–	–	2,56
Cirratulidae gen. sp.	V	-52,06	100	3,32	3,23	–	1	2,94	–	2,79	3,09	–	–	1,84	–	1,00	3,16	–	–	2,20	3,08	–	–	2,24
<i>Crangon</i> sp.	V	1,03	5,67	14,89	100	–	1	1,71	–	1,59	1,84	–	–	2,32	–	1,51	3,24	–	–	1,60	2,14	–	–	2,18
Cumacea fam. gen. sp.	V	0,79	5,49	15,09	100	–	1	1,72	–	1,60	1,86	–	–	2,36	–	1,52	3,32	–	–	1,60	2,17	–	–	2,20
<i>Cymatoica orientalis</i>	V	-34,80	100	4,02	6,58	–	1	2,28	–	2,16	2,40	–	–	1,77	–	1,00	2,48	–	–	1,90	2,39	–	–	2,00
Decapoda fam. gen. sp.	V	0,06	4,83	2,55	29,28	–	1	1,63	–	1,30	1,98	–	–	2,23	–	1,01	3,66	–	–	1,30	2,30	–	–	2,03
<i>Edwardsia japonica</i>	V	0,57	3,86	20,81	100	–	1	1,97	–	1,83	2,12	–	–	2,92	–	1,75	4,26	–	–	1,84	2,61	–	–	2,45
<i>Glycera tessellata</i>	V	0,47	7,75	14,46	100	–	1	1,68	–	1,57	1,80	–	–	2,11	–	1,49	2,82	–	–	1,57	2,01	–	–	2,08
<i>Glycera unicornis</i>	V	-40,10	100	11,01	26,26	–	1	2,54	–	2,46	2,63	–	–	2,45	–	2,00	2,72	–	–	2,41	2,63	–	–	2,44
<i>Halosydna</i> sp.	V	-6,75	17,80	40,09	100	–	1	2,68	–	2,59	2,79	–	–	2,84	–	2,00	3,24	–	–	2,59	2,87	–	–	2,78
<i>Heteromastus giganteus</i>	V	-56,27	100	8,76	12,98	–	2	3,17	–	3,07	3,27	–	–	2,94	–	2,00	3,32	–	–	3,17	3,17	–	–	2,86
<i>Laonice cirrata</i>	V	-0,10	4,09	5,30	100	–	1	1,36	–	1,21	1,55	–	–	2,35	–	1,13	3,84	–	–	1,22	2,14	–	–	2,00
<i>Laonice</i> sp.	V	0,93	6,01	14,92	100	–	1	1,71	–	1,59	1,84	–	–	2,28	–	1,51	3,15	–	–	1,60	2,12	–	–	2,17
<i>Magelona longicornis</i>	V	-67,58	100	2,69	2,80	–	1	3,55	–	3,37	3,71	–	–	2,21	–	1,00	3,78	–	–	2,59	3,69	–	–	2,46
<i>Maldane sarsi</i>	V	-69,41	100	0,68	3,09	–	1	3,58	–	1,88	3,78	–	–	1,93	–	1,00	3,85	–	–	1,75	3,76	–	–	2,36
<i>Mya</i> sp.	V	1,39	2,46	14,27	100	–	1	1,72	–	1,57	1,89	–	–	3,18	–	1,49	5,00	–	–	1,58	2,67	–	–	2,38
<i>Nereis longior galinae</i>	V	-55,96	100	9,27	15,92	–	1	3,15	–	3,05	3,25	–	–	2,97	–	2,00	3,34	–	–	2,95	3,25	–	–	2,90
<i>Nicolea</i> sp.	V	-6,97	19,55	37,80	100	–	1	2,59	–	2,49	2,68	–	–	2,73	–	2,00	3,09	–	–	2,49	2,76	–	–	2,68
<i>Nothria iridescens</i>	V	-1,16	9,15	29,64	100	–	1	2,28	–	2,17	2,40	–	–	2,63	–	2,00	3,25	–	–	2,18	2,57	–	–	2,48
<i>Nothria</i> sp.	V	-1,14	12,19	19,15	100	–	1	1,85	–	1,75	1,96	–	–	2,10	–	1,67	2,61	–	–	1,75	2,09	–	–	2,10
<i>Paranaitis polynoides</i>	V	0,16	7,45	7,02	100	–	1	1,40	–	1,27	1,53	–	–	1,87	–	1,19	2,66	–	–	1,28	1,78	–	–	1,82

Продолжение таблицы А.2

Таксон	Тип модели	Коэффициенты модели					M	Оптимум		Точки перегиба				Ожидаемое значение 1	Ожидаемое значение 2	Границы внешней ниши				Границы центральной ниши				Среднее значение
		a	b	c	d	e		1	2	1		2				1		2		1		2		
										нижняя	верхняя	нижняя	верхняя			нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	
		нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя		верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя			верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	верхняя	нижняя	
<i>Pectinaria hyperborea</i>	V	0,13	6,10	27,77	100	–	1	2,23	–	2,10	2,35	–	–	2,78	–	2,00	3,65	–	–	2,11	2,63	–	–	2,52
<i>Potamilla reniformis</i>	V	-65,46	100	5,46	6,23	–	1	3,50	–	3,37	3,63	–	–	2,95	–	2,00	3,71	–	–	3,09	3,62	–	–	2,78
<i>Protomedeia popovi</i>	V	-0,47	10,50	15,55	100	–	1	1,72	–	1,61	1,83	–	–	2,02	–	1,53	2,59	–	–	1,61	1,98	–	–	2,03
<i>Protothaca jedoyensis</i>	V	0,99	4,19	25,57	100	–	1	2,15	–	2,02	2,29	–	–	3,00	–	1,94	4,19	–	–	2,03	2,71	–	–	2,54
<i>Scalibregma inflatum</i>	V	-70,63	100	1,31	2,72	–	1	3,64	–	2,93	3,83	–	–	2,04	–	1,00	3,90	–	–	2,16	3,81	–	–	2,42
<i>Scolelepis</i> sp.	V	1,15	2,73	9,44	54,41	–	1	1,92	–	1,68	2,17	–	–	3,16	–	1,54	5,00	–	–	1,70	2,82	–	–	2,42
<i>Sigambra bassi</i>	V	-70,74	100	1,98	5,17	–	1	3,65	–	2,53	3,83	–	–	2,63	–	1,00	3,91	–	–	2,49	3,82	–	–	2,55
<i>Syllidae</i> gen. sp.	V	0,34	10,02	11,21	100	–	1	1,54	–	1,44	1,65	–	–	1,86	–	1,35	2,44	–	–	1,44	1,81	–	–	1,82
<i>Synidotea cinerea</i>	V	-4,87	10,63	31,04	63,71	–	1	3,08	–	2,93	3,25	–	–	3,36	–	2,00	4,02	–	–	2,93	3,39	–	–	3,24
<i>Tritodynamia rathbunae</i>	V	0,20	7,48	19,62	100	–	1	1,89	–	1,78	2,01	–	–	2,33	–	1,69	3,06	–	–	1,78	2,23	–	–	2,24
<i>Westwoodilla rectangulata</i>	V	0,49	6,85	7,63	40,43	–	1	1,93	–	1,70	2,15	–	–	2,31	–	1,48	3,25	–	–	1,70	2,35	–	–	2,20
<i>Westwoodilla</i> sp.	V	-55,61	100	5,66	7,93	–	1	3,12	–	3,00	3,23	–	–	2,70	–	1,98	3,32	–	–	2,78	3,23	–	–	2,61
<i>Yoldia johanni</i>	V	-0,52	9,70	7,45	100	–	1	1,41	–	1,29	1,54	–	–	1,77	–	1,21	2,44	–	–	1,30	1,74	–	–	1,76
<i>Asterias amurensis</i>	VII	-13,65	4,97	7,68	-3,50	5,33	10	1,00	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	1,61	4,26	1,00	1,00	5,00	5,00	1,00	1,00	5,00	5,00	2,67
<i>Dipolydora cardalia</i>	VII	-10,39	15,08	7,48	-0,42	10,43	1	1,00	3,36	1,00	1,00	1,65	3,83	1,00	3,04	1,00	1,00	2,84	3,84	1,00	1,00	1,34	4,37	2,66
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	VII	1,11	-0,09	1,55	0,30	-100	1	1,85	5,00	1,54	5,00	5,00	5,00	2,12	5,00	1,00	2,14	5,00	5,00	1,00	5,00	5,00	5,00	1,86
<i>Protomedeia</i> sp.	VII	-8,85	31,06	9,52	2,51	-2,73	1	1,00	2,18	1,00	1,00	2,01	2,35	1,25	2,37	1,00	1,51	1,96	2,39	1,00	1,51	1,51	2,77	2,12

Примечание. NA – параметр для модели оценить невозможно, прочерк – параметр в модели отсутствует.

Таблица А.3 – Результаты нечеткой классификации макрозообентоса – степень принадлежности таксонов к выделенным кластерам (экспоненциальный вес — 1,2)

Таксон	Номер вида	Кластер	Кластер					Fq	Тип модели		Бионтность	
			I	II	III	IV	V		A	Fq	A	Fq
<i>Ampharete sibirica</i>	36	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	17	IV	II	I	I
<i>Amphiodia fissa</i>	22	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	61	III	II	I	II
<i>Anonyx</i> sp.	39	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10	IV	II	I	II
Caprellidae gen. sp.	29	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12	IV	II	I	II
<i>Cryptonatica janthostoma</i>	32	I	0,998	0,002	0,000	0,000	0,000	15	V	II	II	II
<i>Derjuginella rufofasciata</i>	1	I	0,999	0,001	0,000	0,000	0,000	15	II	II	III	III
<i>Diastylis</i> sp.	16	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	24	V	II	I	I
<i>Diplodonta semiosperoides</i>	21	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5	IV	II	I	I
<i>Echinarachnius parma</i>	12	I	0,999	0,001	0,000	0,000	0,000	5	III	III	I	I
<i>Echinocardium cordatum</i>	17	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	24	V	II	I	I
<i>Felaniella usta</i>	2	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7	II	II	I	I
Gastropoda fam. gen. sp.	15	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	23	V	II	I	II
<i>Glycera</i> sp.	3	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	88	VII	II	I	II
<i>Grandifoxus longirostris</i>	25	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10	IV	II	III	I
<i>Grandifoxus robustus</i>	4	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6	II	II	I	I
<i>Liocyma fluctuosa</i>	33	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	17	IV	II	I	I
<i>Mactra chinensis</i>	18	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8	III	II	I	I
Maldanidae gen. sp.	48	I	0,589	0,411	0,000	0,000	0,000	35	IV	II	I	III
<i>Monoculodes zernovi</i>	5	I	0,995	0,005	0,000	0,000	0,000	5	II	IV	I	I
<i>Neomysis</i> sp.	14	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	7	IV	II	I	I
<i>Nephtys longosetosa</i>	6	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9	II	II	I	I
<i>Nephtys</i> sp.	7	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	31	VII	II	I	II
<i>Onuphis iridescens</i>	8	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	24	II	II	II	II
<i>Onuphis</i> sp.	9	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15	II	II	I	I
<i>Ophelina acuminata</i>	26	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11	IV	II	II	II
<i>Philinopsis giglioli</i>	37	I	0,935	0,065	0,000	0,000	0,000	16	VII	III	I	I
<i>Pontogeneia rostrata</i>	20	I	0,999	0,001	0,000	0,000	0,000	5	IV	IV	I	I
<i>Praxillella gracilis</i>	51	I	0,732	0,268	0,000	0,000	0,000	28	III	II	I	III
<i>Praxillella</i> sp.	43	I	0,997	0,003	0,000	0,000	0,000	56	V	II	I	II
<i>Siliqua alta</i>	13	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8	IV	II	I	I
<i>Solen krusensterni</i>	10	I	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5	II	II	I	I
Solenogastres fam. gen. sp.	42	I	0,999	0,001	0,000	0,000	0,000	14	III	II	I	II
<i>Spiophanes bombyx</i>	11	I	0,998	0,002	0,000	0,000	0,000	84	II	II	III	III
<i>Acila insignis</i>	75	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	44	VII	IV	II	II
<i>Alveinus ojiamus</i>	61	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	16	IV	IV	I	I
Ampharetidae gen. sp.	108	II	0,014	0,984	0,001	0,000	0,000	19	V	II	I	II
<i>Amphiodia periercta</i>	68	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	7	IV	IV	I	I
Amphipoda fam. gen. sp.	58	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	40	V	IV	I	II
Aphroditidae gen. sp.	64	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	17	IV	IV	I	I
<i>Asychis</i> sp.	46	II	0,001	0,999	0,000	0,000	0,000	7	IV	III	I	I
<i>Byblis</i> sp.	44	II	0,018	0,982	0,000	0,000	0,000	7	III	III	I	I
<i>Cadella lubrica</i>	30	II	0,033	0,967	0,000	0,000	0,000	5	IV	IV	I	I
<i>Carinomella</i> sp.	66	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	5	IV	III	I	I
<i>Crangon</i> sp.	73	II	0,000	0,999	0,001	0,000	0,000	6	IV	V	I	II
Cumacea fam. gen. sp.	67	II	0,000	0,997	0,003	0,000	0,000	13	IV	V	I	II
Decapoda fam. gen. sp.	59	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	40	V	V	I	II
<i>Glycera tessellata</i>	81	II	0,000	0,999	0,001	0,000	0,000	9	IV	V	I	I
Holothuroidea fam. gen. sp.	49	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	11	III	III	I	I
Isopoda fam. gen. sp.	110	II	0,000	0,995	0,004	0,000	0,000	6	IV	III	I	I

Продолжение таблицы А.3

Таксон	Номер вида	Кластер	Кластер					Fq	Тип модели		Бионтность	
			I	II	III	IV	V		A	Fq	A	Fq
<i>Lanassa</i> sp.	31	II	0,032	0,968	0,000	0,000	0,000	5	IV	II	I	III
<i>Laonice</i> sp.	63	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	8	IV	V	I	II
<i>Magelona pacifica</i>	65	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	17	VII	III	I	I
<i>Mya arenaria</i>	146	II	0,031	0,922	0,046	0,001	0,000	8	VII	II	II	II
<i>Neohaustator fortilirata</i>	24	II	0,001	0,999	0,000	0,000	0,000	5	IV	IV	I	II
<i>Nephtys caeca</i>	78	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	11	VII	III	I	I
<i>Nothria</i> sp.	70	II	0,000	0,998	0,002	0,000	0,000	5	IV	V	I	I
<i>Orchomenella</i> sp.	28	II	0,114	0,886	0,000	0,000	0,000	5	IV	IV	I	I
<i>Paranaitis polynoides</i>	50	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	24	IV	V	I	I
<i>Philine</i> sp.	82	II	0,020	0,980	0,000	0,000	0,000	30	V	II	I	III
<i>Pontogeneia</i> sp.	35	II	0,010	0,990	0,000	0,000	0,000	6	IV	IV	I	I
<i>Prionospio nova</i>	40	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	7	III	IV	I	I
<i>Protomeдея microdactyla</i>	45	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	5	III	III	I	I
<i>Protomeдея popovi</i>	56	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	5	IV	V	I	I
<i>Protomeдея</i> sp.	105	II	0,000	0,897	0,103	0,000	0,000	20	V	VII	I	I
<i>Raeta pulchella</i>	19	II	0,003	0,997	0,000	0,000	0,000	50	V	IV	II	III
<i>Serripes groenlandicus</i>	53	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	7	IV	IV	I	I
<i>Sternaspis scutata</i>	60	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	16	III	III	II	I
<i>Syllidae</i> gen. sp.	47	II	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	6	IV	V	I	I
<i>Synidotea epimerata</i>	27	II	0,022	0,978	0,000	0,000	0,000	7	IV	III	I	I
<i>Westwoodilla rectangulata</i>	57	II	0,000	0,988	0,012	0,000	0,000	6	IV	V	I	II
<i>Yoldia johanni</i>	41	II	0,004	0,996	0,000	0,000	0,000	27	V	V	I	I
<i>Actinaria</i> fam. gen. sp.	107	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	25	IV	IV	I	III
<i>Ampelisca macrocephala</i>	23	III	0,001	0,268	0,730	0,000	0,000	32	IV	III	I	III
<i>Ampharete</i> sp.	142	III	0,000	0,000	0,998	0,002	0,000	52	V	III	I	III
<i>Arca boucardi</i>	133	III	0,000	0,000	0,999	0,001	0,000	10	IV	IV	I	II
<i>Arcuatula senhousia</i>	101	III	0,000	0,003	0,997	0,000	0,000	5	VI	IV	I	I
<i>Aricidea catherinae</i>	87	III	0,000	0,000	0,991	0,009	0,000	23	IV	IV	I	II
<i>Aricidea suecica</i>	124	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	9	V	IV	I	I
<i>Ascidia</i> fam. gen. sp.	130	III	0,000	0,000	0,735	0,265	0,000	17	V	IV	I	II
<i>Axinopsida subquadrata</i>	149	III	0,000	0,000	0,990	0,010	0,000	74	VI	III	III	III
<i>Balanus rostratus</i>	129	III	0,000	0,000	0,513	0,487	0,000	11	IV	IV	I	II
<i>Bela erosa</i>	100	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	21	IV	III	III	III
<i>Capitellidae</i> gen. sp.	136	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	41	VII	IV	II	II
<i>Cerebratulus marginatus</i>	141	III	0,000	0,000	0,995	0,005	0,000	27	V	IV	I	II
<i>Charisma candida</i>	121	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	5	V	IV	I	I
<i>Cistenides hyperborea</i>	118	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	5	IV	IV	I	I
<i>Crassicorophium crassicorne</i>	114	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	26	IV	IV	I	I
<i>Cymatoica orientalis</i>	97	III	0,000	0,001	0,999	0,000	0,000	11	V	V	I	I
<i>Diastylis goodsiri</i>	84	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	7	IV	IV	I	I
<i>Diastylopsis dawsoni</i>	117	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	21	V	IV	I	I
<i>Edwardsia japonica</i>	122	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	20	V	V	I	II
<i>Gaetice depressus</i>	72	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	5	IV	IV	I	II
<i>Glycera unicornis</i>	120	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	10	IV	V	I	I
<i>Glycinde armigera</i>	86	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	41	V	III	III	III
<i>Goniada maculata</i>	34	III	0,000	0,145	0,855	0,000	0,000	119	V	III	III	III
<i>Macoma calcarea</i>	96	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	10	IV	IV	I	I
<i>Macoma incongrua</i>	90	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	8	IV	IV	I	I
<i>Macoma tokyoensis</i>	116	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	16	IV	IV	II	II
<i>Mediomastus californiensis</i>	69	III	0,000	0,000	0,996	0,004	0,000	16	V	IV	I	III

Продолжение таблицы А.3

Таксон	Номер вида	Кластер	Кластер					Fq	Тип модели		Бионтность	
			I	II	III	IV	V		A	Fq	A	Fq
<i>Melanochlamys diomedea</i>	115	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	6	IV	IV	I	I
<i>Menestho exaratisissima</i>	104	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	13	V	IV	I	I
<i>Monoculodes diamesus</i>	134	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	6	IV	IV	II	I
<i>Mya japonica</i>	99	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	6	IV	IV	I	I
<i>Mya</i> sp.	77	III	0,000	0,482	0,517	0,000	0,000	20	V	V	III	III
<i>Nassarius multigranosus</i>	106	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	6	IV	IV	I	I
<i>Nereis zonata</i>	126	III	0,000	0,000	0,999	0,001	0,000	9	V	IV	I	II
<i>Nicolea</i> sp.	128	III	0,000	0,000	0,948	0,052	0,000	7	V	V	I	I
<i>Nothria iridescens</i>	102	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	6	IV	V	I	I
<i>Ophiura sarsii</i>	79	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	136	VII	III	II	III
<i>Owenia fusiformis</i>	62	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	32	V	IV	II	III
<i>Paradorippe granulata</i>	71	III	0,000	0,001	0,759	0,240	0,000	18	IV	III	I	III
<i>Pectinaria hyperborea</i>	89	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	7	IV	V	I	II
<i>Pholoe minuta</i>	123	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	32	IV	III	III	II
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	80	III	0,000	0,010	0,850	0,140	0,000	40	V	VII	I	III
Polynoidae gen. sp.	85	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	5	IV	IV	I	I
<i>Potamocorbula amurensis</i>	113	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	11	IV	IV	I	I
<i>Praxillella praetermissa</i>	127	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	21	V	IV	I	III
<i>Prionospio</i> sp.	52	III	0,000	0,064	0,936	0,000	0,000	17	IV	IV	I	III
<i>Protocallithaca adamsi</i>	38	III	0,000	0,016	0,983	0,000	0,000	41	V	III	I	III
<i>Protomeдея epimerata</i>	88	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	10	IV	IV	I	II
<i>Protothaca jedoyensis</i>	93	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	6	IV	V	I	II
Sabellidae gen. sp.	132	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	20	V	III	III	II
<i>Scolecopsis</i> sp.	74	III	0,000	0,033	0,967	0,000	0,000	20	IV	V	II	III
<i>Scoloplos armiger</i>	109	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	153	III	III	III	III
Sipuncula fam. gen. sp.	95	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	25	V	III	II	II
Spionidae gen. sp.	76	III	0,000	0,011	0,989	0,000	0,000	63	V	IV	II	III
<i>Spiophanes berkeleyorum</i>	83	III	0,000	0,017	0,983	0,000	0,000	14	IV	IV	I	II
<i>Synandwakia</i> sp.	111	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	8	IV	IV	I	I
Terebellidae gen. sp.	54	III	0,000	0,037	0,963	0,000	0,000	19	V	III	I	II
<i>Yoldia keppeliana</i>	91	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	6	IV	IV	I	I
<i>Yoldia</i> sp.	112	III	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	13	IV	III	I	II
<i>Asabellides .sibirica</i>	176	IV	0,000	0,000	0,000	0,999	0,001	13	IV	V	I	II
<i>Chone</i> sp.	174	IV	0,000	0,000	0,000	0,997	0,003	23	III	V	III	III
Cirratulidae gen. sp.	140	IV	0,000	0,000	0,014	0,986	0,000	5	IV	V	II	I
<i>Cirratulus cirratus</i>	143	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	16	IV	IV	II	III
<i>Crangon amurensis</i>	145	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	11	IV	III	III	III
<i>Diastylis alaskensis</i>	151	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	23	VII	IV	II	II
<i>Dipolydora cardalia</i>	161	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	72	VII	VII	I	III
<i>Ennucula tenuis</i>	158	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	89	VII	IV	III	III
<i>Eteone longa</i>	166	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	21	V	IV	I	III
<i>Eulalia bilineata</i>	148	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	43	VII	IV	II	III
<i>Eumida sanguinea</i>	138	IV	0,000	0,000	0,001	0,999	0,000	7	IV	IV	II	I
<i>Glycera capitata</i>	125	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	85	V	IV	III	III
<i>Glycera chirori</i>	162	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	5	IV	IV	I	I
<i>Halosydna</i> sp.	131	IV	0,000	0,000	0,285	0,715	0,000	5	IV	V	I	I
<i>Harmothoe imbricata</i>	147	IV	0,000	0,000	0,000	0,997	0,003	18	IV	III	III	III
<i>Harmothoe</i> sp.	172	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	11	VII	IV	I	III
<i>Heteromastus giganteus</i>	153	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	7	IV	V	I	I
<i>Lumbrineris japonica</i>	139	IV	0,000	0,000	0,109	0,891	0,000	11	VI	IV	II	II

Продолжение таблицы А.3

Таксон	Номер вида	Кластер	Кластер					Fq*	Тип модели		Бионтность	
			I	II	III	IV	V		A	Fq	A	Fq
<i>Lumbrineris longifolia</i>	171	IV	0,000	0,000	0,130	0,870	0,000	226	V	III	III	III
<i>Macoma</i> sp.	177	IV	0,000	0,000	0,000	0,998	0,002	33	V	IV	II	III
<i>Magelona longicornis</i>	135	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	36	VII	V	III	III
<i>Maldane sarsi</i>	92	IV	0,000	0,000	0,054	0,946	0,000	140	III	V	II	III
<i>Melinna elisabethae</i>	137	IV	0,000	0,000	0,422	0,578	0,000	41	VII	IV	II	III
<i>Monocolodes</i> sp.	164	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	14	IV	IV	I	III
<i>Mya pseudoarenaria</i>	178	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	14	V	III	II	III
<i>Mya truncata</i>	168	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	9	IV	IV	I	III
<i>Mya uzenensis</i>	159	IV	0,000	0,000	0,000	0,999	0,001	13	IV	IV	II	II
Nereididae gen. sp.	98	IV	0,000	0,000	0,005	0,995	0,000	9	IV	III	I	III
<i>Nereis longior galinae</i>	156	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	10	V	V	I	I
<i>Odius kelleri</i>	167	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	5	IV	III	I	III
<i>Oenopota</i> sp.	163	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	6	IV	IV	I	III
<i>Pherusa plumosa</i>	155	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	32	VII	III	III	III
<i>Philine argentata</i>	175	IV	0,000	0,000	0,000	0,884	0,116	25	III	III	III	III
<i>Philine orientalis</i>	119	IV	0,000	0,000	0,001	0,999	0,000	45	V	III	II	III
<i>Phoronopsis harmeri</i>	150	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	45	VI	III	II	III
<i>Pinnixa rathbuni</i>	94	IV	0,000	0,000	0,074	0,926	0,000	28	IV	III	II	III
<i>Potamilla reniformis</i>	55	IV	0,000	0,002	0,332	0,666	0,000	7	IV	V	I	II
<i>Priapulius caudatus</i>	169	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	29	VII	IV	I	III
<i>Scalibregma inflatum</i>	160	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	98	V	V	III	III
<i>Sigambra bassi</i>	144	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	105	IV	V	III	III
<i>Sphaerodoridium minutum</i>	152	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	5	IV	IV	I	I
<i>Synidotea cinerea</i>	173	IV	0,000	0,000	0,000	0,992	0,008	5	IV	V	II	II
<i>Theora lubrica</i>	103	IV	0,000	0,000	0,014	0,986	0,000	49	VI	III	II	III
<i>Westwoodilla</i> sp.	157	IV	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	5	IV	V	I	I
<i>Anisocorbula venusta</i>	165	V	0,000	0,000	0,000	0,008	0,992	8	IV	II	I	III
<i>Aphelochaeta pacifica</i>	188	V	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	108	V	II	III	III
<i>Asterias amurensis</i>	184	V	0,000	0,000	0,001	0,168	0,832	25	VII	VII	I	II
<i>Capitella capitata</i>	170	V	0,000	0,000	0,000	0,001	0,999	47	III	II	III	III
<i>Chaetozone setosa</i>	181	V	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	63	V	V	III	III
<i>Cheilonereis cyclurus</i>	186	V	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	19	III	II	II	II
<i>Chone cincta</i>	187	V	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	8	III	II	I	I
<i>Macoma nipponica</i>	180	V	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	6	III	II	II	III
<i>Macoma scarlatoi</i>	179	V	0,000	0,000	0,000	0,012	0,988	13	IV	IV	II	II
<i>Nereis</i> sp.	182	V	0,000	0,000	0,000	0,019	0,981	31	VII	III	I	III
<i>Nereis vexillosa</i>	183	V	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	5	IV	III	I	II
<i>Notomastus latericeus</i>	185	V	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	56	V	IV	III	III
Polynoidae gen. sp. 4	154	V	0,000	0,000	0,000	0,251	0,749	5	IV	III	I	II
<i>Prionospio malmgreni</i>	189	V	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	6	II	II	I	III
<i>Pseudopotamilla</i> sp.	190	V	0,000	0,000	0,005	0,139	0,855	6	II	IV	III	I
<i>Schistomeringos japonica</i>	191	V	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	74	II	II	I	III

* абсолютная.

Примечание — Жирным красным шрифтом выделены экспоненциальные веса для таксонов основного кластера, жирным синим курсивом – существенные дополнительного; A – плотность, Fq – встречаемость.