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»

Ин» декать \$ 2020 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ГРАНИЧНЫХ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КЛАССОВ СОСТОЯНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ НА БАЗЕ ОДНОГО ИЛИ КОМПЛЕКСА БИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С УЧЕТОМ ПЕРЕДОВОГО МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА

(промежуточный) 4.6.2

Ответственный исполнитель доктор биол. наук:

А.В. Мошенко

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Отв. исполнител	ь,			
вед. науч. сотр., д-р биол. наук	Kluy	23,12,2020	А. В. Мощенко (введение, раздел 1–4, заключение)	
Исполнители:	1			
Главный специал	inct Jish	n - 23.12.20202	Т. С. Лишавская (раздел 1)	
Вед. науч. сотр., канд. биол. наук	1	23.12.20202	Т. А. Белан (раздел 1, 3, 4)	
Ст. науч. сотр.	AC	24.12.2020	А. В. Севастьянов (раздел 1)	
Научный сотр.	5 of	23.12,20201	Б. М. Борисов (раздел 1, 3, 4)	
Нормоконтроль		23.12.20202	Е. П. Гордеева	×

РЕФЕРАТ

Отчет 167 с., 28 рис., 67 таб., 73 источн.

МОНИТОРИНГ, ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ, ФИЗИЧЕСКИ КОНТРОЛИРУЕМЫЕ И БИОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННЫЕ СООБЩЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА, ГРАНИЧНЫЕ КРИТЕРИИ

Объектом исследования являются сообщества макрозообентоса залива Петра Великого. Цель работы — сформулировать предложения о возможности разработки метода для определения «критических» уровней или «граничных критериев» состояния морской среды на основе структуры взаимосвязей внутри сообществ макрозообентоса.

В ходе выполнения НИР разработан алгоритм, представляющий последовательность процедур и тестов, необходимых и достаточных для оперативного выделения сообществ донных животных и выявления основных факторов среды, ведущих к их дифференциации.

Применение этого алгоритма при анализе донной фауны (экспедиции 1992—2019 гг.) позволило выделить 34 сообщества макрозообентоса и выявить императивные факторы среды, ответственные за их формирование. Данный алгоритм даже в самых сложных ситуациях показывает «устойчивые» результаты, которые подтверждаются с позиций статистики. Это дает возможность использовать характеристики обилия и структуры ассоциаций донных животных для последующих процедур, направленных на поиск граничных критериев для определения классов состояния морской среды.

В результате корреляционного анализа зависимостей биологических параметров от факторов среды определена зависимость показателя экологического стресса (Π ЭC) от средней суммарной объясняемой дисперсии переменных (MEV). Эта зависимость имеет s-образную форму с точками начала и окончания линейного роста, приуроченными к Π ЭC~15 и 30%. Указанные уровни следует рассматривать как граничные критерии состояния сообществ макрозообентоса. При благоприятных условиях среды Π ЭC не превышает 15% (первый критический уровень), а сообщества донной фауны находятся в состоянии, близком к «биологически сбалансированному». Величины Π ЭC в диапазоне 15-30% говорят об усилении влияния лимитирующих факторов, но это воздействие не является «разрушающим». Значения Π ЭC, превышающие 30% (второй критический уровень) свидетельствуют об экстремальном ухудшении условий среды обитания и переходе сообществ в иное — «физически контролируемое» — состояние. Показана возможность разработки метода для оценки экологического состояния донного населения по структуре взаимосвязей животных внутри сообществ макрозообентоса на основе Π ЭC.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Материалы и методы исследований	13
1.1 Использованные данные, отбор и обработка проб	13
1.2 Анализ данных	15
1.3 Статистический анализ	17
2 Алгоритм выделения сообществ макрозообентоса	20
3 Сообщества макрозообентоса залива Петра Великого	31
3.1 Залив Стрелок и бухта Рифовая	31
3.2 Залив Посьета и прилежащая акватория	38
3.3 Акватория к северу от устья реки Туманной	46
3.4 Прибрежье Владивостока (2001 г.)	55
3.5 Северная часть Амурского залива	64
3.6 Восточная часть пролива Босфор Восточный (бухта Патрокл и прибрежье	
острова Русский)	72
3.7 Прибрежье Владивостока (2016 г.)	82
3.8 Прибрежье Владивостока (2018 г.)	91
3.9. Прибрежье Владивостока (2019 г.)	98
4 Связь $\Pi \ni C$, индексов состояния и суммарной дисперсии. Граничные критерии для	
оценки классов состояния морской среды	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	119
ПРИЛОЖЕНИЕ А	125

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие сокращения и обозначения:

Al— Суммарное содержание алевритов (частицы 0,1–0,01 мм) AP— Суммарное содержание алевропелитов (частицы <0,1) — Содержание органического углерода, % $C_{\text{орг.}}$ — Глубина, м Dpth **ENTR** — Энтропия гранулометрического распределения — Факторы и их значения, полученные в результате процедуры R- GrF_i факторного анализа содержания гранулометрических фракций, i – номер фактора — Нагрузки факторов, полученные в результате процедуры О-факторного GrL_i анализа содержания гранулометрических фракций, i – номер нагрузки **KURT** — Коэффициент эксцесса гранулометрического распределения **MEAN** — Средний размер частиц донных отложений, мм — Факторы и их значения, полученные в результате процедуры R- MeF_{i} факторного анализа концентраций металлов, i – номер фактора O_2 — Содержание растворенного кислорода, мл/л — Факторы и их значения, полученные в результате процедуры R- $OrgF_{i}$ факторного анализа концентраций органических соединений, i – номер фактора Pl— Суммарное содержание пелитов (частицы <0,01 мм) — Факторы и их значения, полученные в результате процедуры R- PoF_{i} факторного анализа концентраций всех загрязнителей, i – номер фактора Psa — Суммарное содержание псаммитов (частицы 0,1–1 мм) Pse — Суммарное содержание псефитов (частицы > 1 мм) SD— Среднеквадратическое отклонение гранулометрического распределения **SKEW** — Коэффициент асимметрии гранулометрического распределения TPF— Общий уровень химического загрязнения донных отложений — Факторы и их значения, полученные в результате процедуры R- WaF_{i} факторного анализа гидрологических параметров, i – номер фактора

ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг морской среды должен включать наблюдения как за факторами воздействия (загрязнениями), так и за состоянием элементов биосферы (откликами живых организмов на эти воздействия), за изменением их структурных и функциональных показателей [1, 2]. Оценка экологического состояния акватории может производиться, как на основе изучения изменений состава (например, наличия или отсутствия видовиндикаторов), обилия и структуры донного населения вдоль градиента загрязнения, так и анализа сообществ макрозообентоса, который относится к многомерным (multivariate) методам мониторинга [3, 4]. Залог успеха последнего – ясное и четкое представление того, что следует считать сообществом и возможность их простого и оперативного выделения.

Виды животных и растений в водной среде распределены так, что каждый из них реагирует на градиенты факторов среды независимо от других [5]. Факторы могут быть абиотическими и биотическими; среди последних — чаще всего наблюдается влияние доминирующего вида или вида-эдификатора. Сообщества, по существу, это рекуррентные группы — группы видов, которые обычно (в статистическом смысле) встречаются совместно, что обусловлено сходством их отношений к факторам среды. Таким образом, сообщество можно определить как «группу организмов, обитающих в определенной среде, предположительно взаимодействующих друг с другом и со средой, и которая может быть отделена от «других групп методами экологического исследования» [5]. По образному выражению Х.-Ф. Будуреску каждое сообщество представляет собой «относительный континуум между относительными перерывами континуума» или узел — скопление точек в некоем гиперпространстве, полностью или частично изолированное от других подобных скоплений [5]. Группы видов, одинаково реагирующих на факторы среды — некие узлы в многомерном континууме — это сообщества, т.е. участки континуума, ограниченные пространством перерыва континуума — экотоном (рисунок 1).

Практическое применение этой концепции связано с определением границ сообществ. Ранее отечественные специалисты по донной фауне широко использовали принцип выделения сообществ по доминирующему по биомассе виду в данной пробе или группе проб, взятых на одной и той же или соседних станциях [6, 7]. Однако концепция сообщества как континуума исключает возможность их выявления по этому признаку. С начала 60-х годов прошлого столетия для этого рекомендуют использовать метод выделения рекуррентных групп и разные варианты многомерного анализа [8–10]. Однако в полном объеме применение последних стало возможным с развитием компьютерной техники и соответствующих методов анализа, основанных на технологиях бутстрепинга и рандомизации.

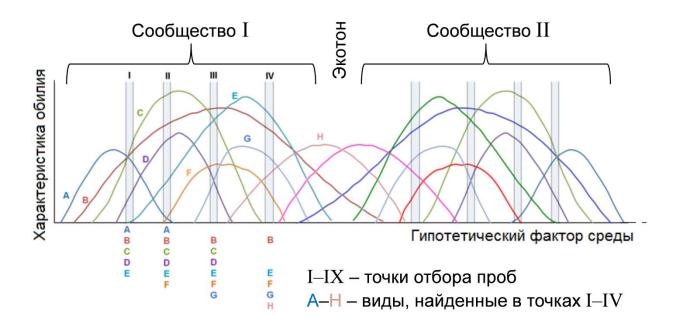


Рисунок 1 — Схематическое изображение изменения состава донного населения вдоль градиента гипотетического фактора среды (по [11], модифицировано)

Под термином сообщество (как синонимы — ассоциация, группировка) макрозообентоса авторы подразумевают совокупность донных животных второго и третьего трофического уровня, которая населяет определенный биотоп и характеризуется определенными количественными соотношениями между видами [12]. По определению, для того, чтобы выделить некую группировку и доказать, что эта ассоциация является сообществом, необходимо:

- 1. Расклассифицировать станции (пробы) на группы и оценить статистическую значимость этой классификации;
- 2. Определить, являются ли выделенные ассоциации географически или экологически детерминированными со статистической оценкой значимости влияния географических и/или комплекса экологических факторов;
- 3. Назвать эти группировки, исходя из того, что сообщество это континуум;
- 4. Выявить дифференциацию по отношению к факторам среды (населяет определенный биотоп) и оценить значимость такой дифференциации с позиций статистики.

Классификация объектов и явлений материального мира является основой, а часто и целью множества научных исследований в самых разных областях знания. Один из авторов работы познакомился с кластерным анализом еще в начале 80-х годов прошлого века и использует его, а также дискриминантные, факторные и другие многомерные процедуры по настоящее время. В процессе работы классифицировались гранулометрические фракции, океанографические элементы, загрязняющие вещества,

виды гидроидов, двустворчатых моллюсков и даже результаты иммунохимического анализа, оценивалось распределение и изменчивость миллепор, полихет, планктонных комплексов, таксоценов и сообществ рыхлых и твердых грунтов, включая обрастание корпусов судов и гидротехнических сооружений [13–15]. Естественно, ценность классификации повышается, если ее результаты удаётся выразить числом и подтвердить статистическим анализом. При этом исследователь приобретает уверенность в своих дальнейших действиях по описанию полученных групп и их свойств, а также при последующих манипуляциях с этими группами.

При сильной изменчивости абиотических факторов именно они будут оказывать решающее влияние на состав группировок донной фауны – такие биотопы заняты «физически контролируемыми сообществами». Свидетельством о наличии некого общего фактора может быть внешнего лимитирующего сильная положительная индивидуальных характеристик обилия видов с общими для сообщества показателями [16]. Очевидно, доля видов с такими связями может служить некой характеристикой силы этого внешнего воздействия, ответной реакции системы организмов на резкие изменения факторов окружающей среды своего рода показателем «экологического стресса» (далее ПЭС). По мере уменьшения изменчивости таких факторов на первое место выходят биотические отношения, и в биотопах с относительно стабильными «биологически сбалансированные» условиями среды развиваются сообщества. Они отличаются от физически контролируемых сообществ тем, что первые составлены из видов, одинаково реагирующих на данные градиенты абиотических условий, вторые – из видов, взаимно адаптированных к сосуществованию.

Сообщества изменяются, приспосабливая свою структуру к условиям среды и оптимизируя видовой состав и количественные соотношения видов [5]. Поддержание стабильной структуры сообщества требует определенных затрат энергии. Сообщество реагирует на условия среды так, чтобы возникла структура, которая позволила бы создать наибольший энергетический выход при данном распределении ресурсов. Поэтому сообщества, которые «платят наименьшую цену» за поддержание соответствующей структуры, получают селективное преимущество. Таким образом, определенные состояния сообществ организмов устойчивее других даже при промежуточном уровне воздействия абиотических факторов. Эволюция экосистем сопровождается увеличением степени их самоорганизации, но это не противоречит возможности существования группировок, состоящих из независимых или слабо связанных друг с другом видов, которые плавно переходят одна в другую [5]. Эволюция сообществ может идти как в сторону усиления взаимосвязей между организмами, так и в сторону минимизации

межвидовых отношений. Однако биоценотические ступени организации менее интегрированы, индивидуализированы и слабее обособлены, чем организменные и популяционные. Поэтому, концепция сообщества как континуума вполне применима для анализа конкретных биоценотических ситуаций.

Тот или иной вид присутствует в сообществе только в том случае, если он способен достичь данного места, условия и ресурсы этого места для него подходят, и он выдерживает конкуренцию и выедание со стороны других видов [11]. Следовательно, временная последовательность появления и исчезновения видов требует, чтобы и сами условия, ресурсы и/или влияние других видов изменялись во времени. Последовательное появление и исчезновение популяций видов в каком-либо местообитании ведет к сукцессии всего сообщества — последовательной необратимой и закономерной смене одной группировки другой.

Представление о сукцессии, первоначально разработанное ДЛЯ наземных растительных ассоциаций, включает в себя следующие понятия. Инициальная стадия развития – этап более или менее быстрого поселения на оголенную поверхность некоторого числа видов, в которой большую роль играют случайности рассеивания молоди и миграции животных [17]. Затем в результате воздействия различных факторов возникают более или менее стабильные и длительно существующие сообщества, обычно все большей и большей структурной сложности, сменяющие друг друга до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие между климатом, почвой и сообществом (климакс). Видовое разнообразие в ходе сукцессии, выражаемое по Р. Маргалефу [18] отношением числа видов к общей численности, стремится к максимуму на ранних или средних стадиях сукцессии, а затем снижается в климаксе. Подобные изменения могут наблюдаться и у других количественных характеристик – плотности и биомассы, что было показано для фонообразующих (эдафических) видов макрообрастания [15, 19]. При изучении наземных фитоценозов установлено, что, изменив почву или иные условия, можно создать обстановку, благоприятную для нового сообщества [20]. Прогрессивный рост загрязнения или, наоборот, его последовательное уменьшение – те же изменения обстановки и, следовательно, должны приводить к изменениям и смене сообществ – к их сукцессии.

Р. Макартур и Е. Уилсон [21], анализируя динамику численности популяций, предложили использовать r– и K–коэффициенты. Эти коэффициенты часто применяются для обозначения двух стратегий эволюционного развития живых существ. При этом r-стратегия предполагает бурное размножение и короткую продолжительность жизни особей, а K-стратегия — низкий темп размножения и долгую жизнь. В соответствии с r-стратегией популяции развиваются на переломных этапах своей истории, при изменении

внешней среды, что способствует появлению новых признаков и захвату новых ареалов. Для развития популяции в уже захваченном ареале и при сравнительно благоприятных и стабильных условиях характерна K-стратегия.

Свойства сообщества и входящих в него популяций, по всей видимости, во многом сходны [11]. В стабильной среде на популяции действует достаточно сильный *К*-отбор, а в изменчивой — относительно интенсивный *r*-отбор. При этом *К*-стратеги, обладающие высокими конкурентоспособностью и врожденной выживаемостью при низкой результативности размножения, будут сопротивляться нарушению, однако, если оно все же происходит, с трудом восстанавливаются (низкая упругость). Напротив, *r*-стратеги отличаются низким сопротивлением при высокой упругости. Силы, действующие на входящие в сообщество популяции, будут, следовательно, подчеркивать его собственные свойства, а именно хрупкость (низкую упругость) в стабильных средах и прочность — в изменчивых. В какой-то мере эти закономерности, очевидно, характеризуются *W*-статистикой Кларка: виды-оппортунисты — это, обычно, *r*-стратеги, имеющие короткие жизненные циклы и, соответственно, относительно небольшие размеры [22].

В реальных условиях загрязнение влияет на бентосные организмы на фоне действия других экологических факторов, иными словами, среда оказывает комплексное воздействие на популяции видов, входящих в сообщество. Хотя число экологических факторов потенциально неограниченно, в действительности обычно удается выделить конечное их число, с помощью которых можно объяснить заданную часть от полного варьирования (дисперсии) параметров, характеризующих сообщество или макрозообентос какого-либо района в целом (показателей обилия, экологических индексов и т.д.)*. Остальные, не вошедшие в число этих факторов, не оказывают определяющего воздействия на исследуемый показатель и их влияние можно рассматривать как некий «экологический шум», накладывающийся на действие основных или императивных факторов [23]. Возникает вопрос, – какой уровень дисперсии параметра, объясняемой изменениями этих факторов, считать достаточным? По нашему мнению, исходя из логических соображений и сложность анализируемых систем, методы получения биологических характеристик (критическим мнениям относительно работы дночерпателей различных конструкций «несть числа») и т.п., «успешный» уровень должен быть все же никак не менее 50 процентов. Другой вопрос – какую долю дисперсии должен объяснять фактор, чтобы быть включенным в модель, если искомые 50 % уже достигнуты? Вряд ли предикторы, объясняющие 1, 2 или 3 % изменчивости (пусть даже включаемые в уравнения регрессии на

^{*}В какой-то мере выбору таких параметров для отдельных сообществ способствует использование методов канонического корреляционного анализа, см. далее.

значимом уровне, что во многом определяется объемом выборки), существенны и будут лишь затруднять восприятие воздействия императивных факторов. Здесь мы примем «волевое» решение и определим порог «экологического шума» в 5 %. И, наконец, третий вопрос, возникающий из-за ограниченности данных большинства бентосных исследований: каково минимальное число станций (проб) для которых возможно определение ПЭС и корреляционный анализ? На наш взгляд, их должно быть никак не менее семи, учитывая имеющиеся данные и высокую вероятность случайного «выстраивания» точек вдоль прямой линии при меньших объемах выборок.

Зависимости биологических показателей от параметров среды при широкой изменчивости последних не являются линейными и, в классическом варианте, имеют куполообразную форму с областями покоя, пессимумов, субоптимумов и оптимума. Выполнить нелинейное моделирование на нашем материале теоретически возможно (обычно 25–35 станций на отдельных полигонах), но сделать статистическую оценку вряд ли реально, тем более для отдельных сообществ: даже при двух независимых переменных (факторах) понадобится определить как минимум 9 коэффициентов. Однако чаще всего эти зависимости представляют собой восходящие или нисходящие ветви логистических кривых, «срединные» части которых, от области пессимума до субоптимумов, обычно довольно протяженные и почти линейные. Поэтому, мы будем описывать тенденции и делать их статистическую оценку на основе, главным образом, линейной регрессии. В целом, такой подход соответствует принципу экономии мышления – «бритве Оккама», который требует максимально возможной простоты логических построений. В результате такой процедуры можно определить среднюю суммарную дисперсию (далее MEV), объясняемую изменчивостью исследованных факторов среды, причем имея стандартный их набор, – получить и исследовать зависимость $\Pi \ni C$ от MEV. По опыту авторов, такая зависимость должна иметь стандартную для биологических систем S-образную форму, что в свою очередь позволит выявить некие критические уровни состояния сообществ донных животных и, соответственно, определить граничные критерии для оценки классов экологического состояния морской среды.

Цель работы — сформулировать предложения о возможности разработки метода для определения «критических» уровней или «граничных критериев» состояния морской среды на основе структуры взаимосвязей внутри сообществ макрозообентоса. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать алгоритм, который, с одной стороны, был бы основан на принципе «необходимо и достаточно», а с другой – позволил бы относительно быстро и с минимальными «энергетическими» затратами выделять сообщества

- макрозообентоса. При этом каждый шаг при выполнении этой процедуры должен иметь «численное» выражение и, по необходимости, быть доказанным с позиций статистики.
- 2. Выделить сообщества и выполнить их описание с определением ПЭС и общих характеристик обилия плотности поселения и биомассы, а также структурных показателей наиболее употребляемых на практике индексов выравненности видовых ранговых распределений Пиелу, статистики Кларка, видового богатства Маргалефа, разнообразия Шеннона-Винера, экологического состояния донной макрофауны АМВІ и М-АМВІ;
- 3. Выявить ведущие императивные факторы среды, ответственные за формирование сообществ и, на этой основе, выяснить причины снижения их экологического статуса, если такое падение имеет место; определить частные и суммарные дисперсии перечисленных общих параметров сообществ, объясняемые комплексом факторов среды;
- 4. Выполнить предварительную оценку критических уровней по *ПЭС*, используя суммарную объясняемую дисперсию и параметры, характеризующие экологическое состояние макрозообентоса, и сформулировать предложение по установлению граничных критериев для оценки классов состояния морской среды на базе *ПЭС*.

1 Материалы и методы исследований

1.1 Использованные данные, отбор и обработка проб

Материалом для анализа послужили данные, полученные в 1992–2019 гг. в экспедициях ФГБУ «ДВНИГМИ» и ННЦМБ «ИБМ ДВО РАН». Были исследованы заливы Амурский, Уссурийский, Посьета, Стрелок, бухты Золотой Рог, Рифовая и Патрокл, пролив Босфор Восточный, а также акватория к северу от устья реки Туманной до южного участка ДВГМЗ включительно (всего 262 станции; рис. 1.1–1.2).

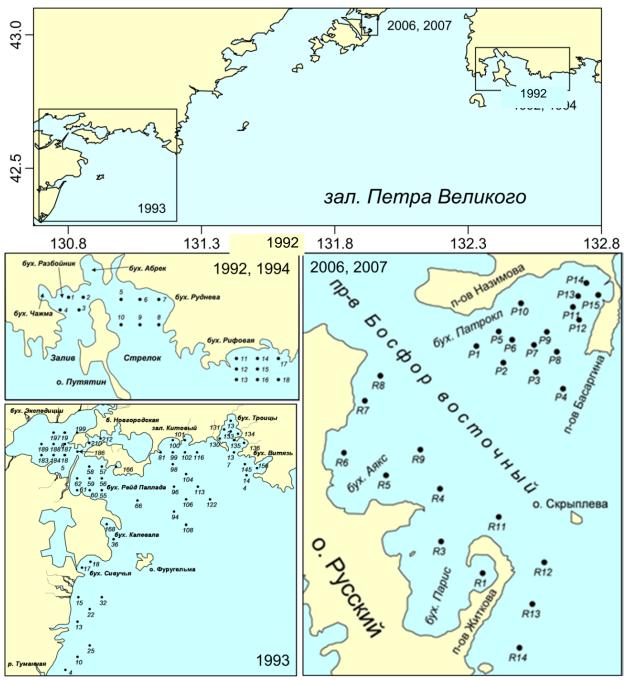


Рисунок 1.1 – Районы работ на акватории зал. Петра Великого в разные годы

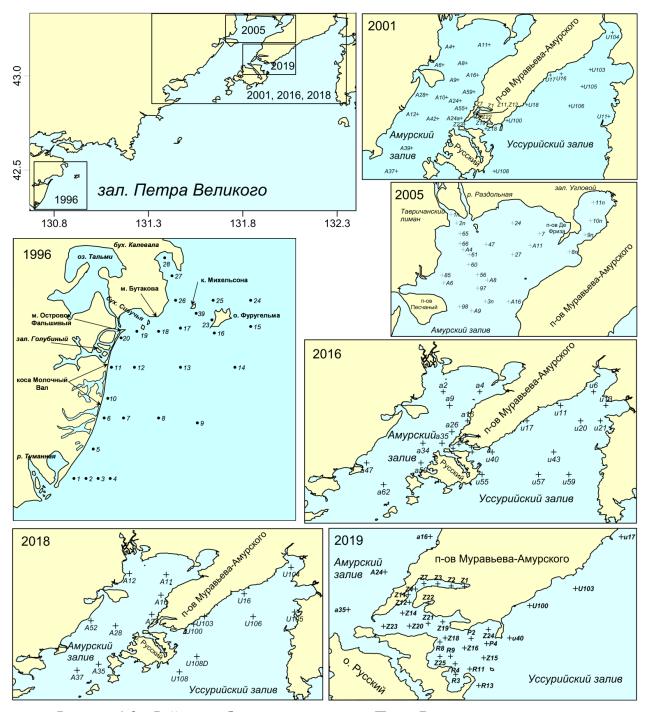


Рисунок 1.2 – Районы работ на акватории зал. Петра Великого в разные годы

Пробы грунта отбирали дночерпателем Ван-Вина (0,11 м 2 , 1–4 пробы); на каждой станции часть верхнего слоя осадков (2–3 см) одной из проб замораживали для последующего измерения концентраций загрязняющих веществ (далее – 3В, все съемки), органического углерода (C_{opz} ; экспедиции 1996, 2001, 2005, 2016, 2018 и 2019 гг.) и определения гранулометрического состава (1996, 2001, 2005, 2006, 2007, 2018 и 2019 гг.). В 1992–1993 и 2016 гг. грунты описывали визуально (мелкий песок, заиленный песок, ил и т.п.). Для биологического анализа грунт промывали на сите с ячеей 1 мм и фиксировали макробентос 4 %-ным буферным раствором формальдегида.

Содержание всех исследованных 3В (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn, хлорированные и общие углеводороды, фенолы) измеряли в лаборатории мониторинга загрязнения морских вод ФГБУ «Приморское УГМС» по стандартным методикам Росгидромета в [24]. Содержание $C_{ope.}$ в донных отложениях анализировали методом окисления смесью $K_2Cr_2O7 - H_2SO_4$ с колориметрическим окончанием в ННЦМБ «ИБМ ДВО РАН» [25, 26]. Гранулометрический состав изучали комбинацией ситового метода и метода А-22 в ФГБУН «ТОИ ДВО РАН» [27, 28]. Определяли фракции <0.005, 0.005-0.01, 0.01-0.05, 0.05-0.1, 0.1-0.25, 0.25-0.5, 0.5-1, 1-2, 2-5, 5-10 и >10 мм. 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 M^2 площади дна.

1.2 Анализ данных

Данные о фракционном составе донных отложений использовали для вычисления среднего размера зерен, среднего квадратичного отклонения, нормированной энтропии, коэффициентов асимметрии и эксцесса. Классификация грунтов произведена по Ф.Р. Лихт и др. [29]. Для характеристики общего уровня загрязнения использовали индекс:

$$TPF = (PHC + PHE + Pb + Cu + SDDT)/5$$
(1.1),

где РНС, РНЕ, Рb, Сu и SDDT — 5-ранговые оценки (ln-масштаб) содержания углеводородов, фенолов, свинца, меди, суммы ДДТ и его метаболитов [30]. Эти элементы и соединения относятся к приоритетным поллютантам, а их набор для залива Петра Великого был определен методами факторного анализа. Степень антропогенного нарушения бентоса оценивали методом, который основан на зависимости изменений индекса Шеннона-Винера для двустворчатых моллюсков (H_b ') от TPF [31, 32]. 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 '; в дальнейшем эти величины будут именоваться первым и вторым критическим уровнем. Кроме того, вычисляли ПЭС — как долю видов, чьи индивидуальные показатели обилия сильно (коэффициент корреляции r=0,7 и более, при округлении) связаны с общими плотностью поселения и биомассой сообщества.

Для количественной характеристики макрозообентоса использовали биомассу (B), плотность поселения (A, далее - плотность) и частоту встречаемости $(F_q, \text{ далее } - \text{ встречаемость})$, а также индексы видового богатства Маргалефа (R, в наиболее простом)

его виде — как число видов в пробе), разнообразия Шеннона-Винера (H) и выровненности Пиелу (e), которые подсчитывали по формулам:

$$H' = -\sum p_i(\log_2 p_i) \tag{1.2},$$

$$e = H'/\log_2 S \tag{1.3},$$

где p_i — доля вида i от общей численности; S — число видов в пробе. Для описания размерного состава применяли W-статистику Кларка [33], которая вычисляется как суммарная ранговая разность значений биомассы и численности:

$$W = \sum_{i=1}^{S} (B_i - A_i) / [50 \cdot (S - 1)]$$
 (1.4).

Она изменяется от -1 до +1; ее величина стремится $\kappa -1$ в полностью разрушенных и $\kappa +1$ в ненарушенных сообществах [3].

Значения всех этих индексов сами по себе малопонятны, особенно для неспециалиста. Поэтому, предлагается использовать их вербальные оценки (таблица 1.1). Для индекса Пиелу они разработаны на основе шкалы классификации осадков по степени сортировки слагающих их частиц (по: [34]). Естественно, формулировки вида «идеально сортированный» были заменены на выражения, соответствующие значению этого индекса в экологических исследованиях, в данном случае — на «абсолютно не выровненное» (распределение видов по рангам). Для вербальной характеристики видового богатства и разнообразия, величины индексов Маргалефа и Шеннона-Винера, полученные в наших исследованиях на акватории зал. Петра Великого, были ранжированы в логарифмическом масштабе и каждому рангу были присвоены соответствующие названия. Подобная процедура была выполнена и для статистики Кларка с учетом диапазона его теоретических и натурных значений.

Таблица 1.1 — Шкалы для классификации сообществ по степени выравненности видов по рангам, видовому богатству и разнообразию и преобладанию относительно мелких или крупных животных (индексы Пиелу, Маргалефа, Шеннона-Винера и статистика Кларка)

_ 1 2					
Диапазон	Вербальная характеристика				
Индекс выравненности видовых ранговых распределений Пиелу (e)					
0-0,1	Абсолютно не выровненное				
0,1-0,25	Не выровненное				
0,25–0,5	Плохо выровненное				
0,5–0,75	Умеренно выровненное				
0,75–0,9	Выровненное				
0,9–1,0	Идеально выровненное				

Продолжение таблицы 1.1

продолжение гаолицы						
Диапазон Вербальная характеристика						
И	ндекс видового разнообразия Шеннона-Винера (Н')					
0–1,34	Очень бедное					
1,35–1,80	Бедное					
1,81–2,43	Умеренно разнообразное					
2,44–3,27	Разнообразное					
3,28 и более	Очень разнообразное					
Индекс видового	богатства Маргалефа (среднее число видов в пробе/на станции, R)					
1–2	Очень бедное					
3–5	Бедное					
6–11	Умеренно богатое					
12–24	Богатое					
25 и более	Очень богатое					
Статистика Кларк	а (доминирование относительно мелких или крупных животных, W)					
-1,000÷-0,064	Выраженное доминирование мелких животных					
-0,064÷-0,032	Слабое доминирование мелких животных					
-0,033-0,032	Доминирование мелких или крупных животных не выражено					
0,033-0,119	Слабое доминирование крупных животных					
0,120-1,000	1 10					

Экологическое состояние бентоса характеризовали индексами *AMBI* (AZTI Marine Biotic Index) и *M-AMBI* [35, 36]. Первый определяется по сумме удельных плотностей 5 групп видов, по-разному относящихся к содержанию C_{opz} :

 $AMBI = [(0 \times \% \text{GI}) + (1,5 \times \% \text{GII}) + (3 \times \% \text{GIII}) + (4,5 \times \% \text{GIV}) + (6 \times \% \text{GV})]/100$ (1.5), где GI-GV — группы видов. Второй показатель, M-AMBI, или многомерный (Multivariate) AMBI, вычисляется на основе процедуры факторного анализа по индексам AMBI, H' и R. На основе этих индексов создана классификация состояния донного населения, официально используемая в EC (таблица 1.2). Для вычисления AMBI и M-AMBI существует программное обеспечение, свободно распространяемое в интернете [37].

1.3 Статистический анализ

При статистической обработке использовали стандартные процедуры и тесты, предлагаемые программой STATISTICA и средой R [38, 39]. Это тест Крускала-Уоллиса — непараметрический аналог однофакторного дисперсионного анализа (проверяется нулевая гипотеза H_0 — влияние фактора не приводит к сдвигу распределений относительно друг друга); линейный (включая пошаговую процедуру) и нелинейный регрессионный анализ с вычислением коэффициента корреляции (r) и его статистической оценкой (проверка H_0 : r = 0 и ANOVA).

Для выявления взаимосвязей и снижения размерности применяли процедуру разведочного факторного анализа. Факторы выделяли методами главных компонент и наибольшего правдоподобия; для упрощения их структуры и получения легко интерпретируемых решений использовали различные способы вращения осей [40, 41].

Таблица 1.2 – Классификация состояния, статуса донного населения и нарушений местообитаний на основе индексов *AMBI* и *M-AMBI* (по [36], добавлены градации *M-AMBI* из [37])

Градации АМВІ	Доминирующая экологическая группа		Классификация нарушений (повреждений) местообитания		Градации <i>M-AMBI</i>	
0.0 <ambi≤0.2< td=""><td>Т</td><td>Нормальное</td><td>Нацарушациа</td><td>Высокий статус</td><td>>0.77</td></ambi≤0.2<>	Т	Нормальное	Нацарушациа	Высокий статус	>0.77	
0.2 <ambi≤1.2< td=""><td>1</td><td>Вырождающееся</td><td>Ненарушенное</td><td>высокии статус</td><td>>0.77</td></ambi≤1.2<>	1	Вырождающееся	Ненарушенное	высокии статус	>0.77	
1.2 <ambi≤3.3< td=""><td>III</td><td>Несбалансированное</td><td>Слегка нарушенное</td><td>Хороший статус</td><td>>0.53-0.77</td></ambi≤3.3<>	III	Несбалансированное	Слегка нарушенное	Хороший статус	>0.53-0.77	
3.3 <ambi≤4.3< td=""><td>IV–V</td><td>Переходное к загрязненному</td><td>Vicencialia vanimania</td><td>Умеренный статус</td><td>>0.39-0.53</td></ambi≤4.3<>	IV–V	Переходное к загрязненному	Vicencialia vanimania	Умеренный статус	>0.39-0.53	
4.3 <ambi≤5.0< td=""><td></td><td>Загрязненное</td><td>Умеренно нарушенное</td><td>Обедненный статус</td><td><0.2 0.30</td></ambi≤5.0<>		Загрязненное	Умеренно нарушенное	Обедненный статус	<0.2 0.30	
5.0 <ambi≤5.5< td=""><td>V</td><td>Переходное к сильно загрязненному</td><td>Силина нарушания</td><td>Обедненный статус</td><td><i>></i>0.2−0.39</td></ambi≤5.5<>	V	Переходное к сильно загрязненному	Силина нарушания	Обедненный статус	<i>></i> 0.2−0.39	
5.5 <ambi≤6.0< td=""><td>v</td><td>Сильно загрязненное</td><td>Сильно нарушенное</td><td>Плохой статус</td><td>≤0.2</td></ambi≤6.0<>	v	Сильно загрязненное	Сильно нарушенное	Плохой статус	≤0.2	
6.0 <ambi≤7.0< td=""><td>Биота отсутствует</td><td>Биота отсутствует</td><td>Экстремально нарушенное</td><td>плохои статус</td><td colspan="2"></td></ambi≤7.0<>	Биота отсутствует	Биота отсутствует	Экстремально нарушенное	плохои статус		

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

Число компонент (факторов) выбирали с соблюдением принципа экономии на основе критериев Кайзера-Харриса, теста каменной осыпи и параллельного анализа.

В соответствии с принципом экономии из двух конкурирующих решений выбирают модели, включающие минимальное число факторов. По критерию Кайзера-Харриса отбирают факторы с собственными числами >1 (изменения фактора объясняют >10 % дисперсии измеряемых переменных). Тест каменной осыпи предполагает выбор числа факторов, который приходится на область до перегиба линии зависимости собственного числа от своего номера, включая в некоторых случаях саму точку наибольшей кривизны этой линии. Параллельный анализ основан на выделении компонент (факторов) из случайных матриц данных той же размерности, что и исходная матрица. Если собственное значение, полученное по реальным данным, выше, чем соответствующее усредненное собственное значение для набора случайных матриц данных, тогда такая компонента используется [42]. Эта симуляция была дополнена процедурой бутстреп-оценки (ресэмплинг) с идентичной интерпретацией результатов [43]. Ортогональность искомых факторов проверяли иерархическим анализом косоугольных факторов.

Выделение сообществ макрозообентоса и императивных факторов, определяющих их развитие и дифференциацию, производили с использованием алгоритма, представляющего компиляцию различных последовательных процедур (см. Раздел 2).

2 Алгоритм выделения сообществ макрозообентоса

Первичная подготовка данных. Для анализа потребуются так называемые видовые матрицы, в которых ряды начинаются с названия таксона, столбцы — с кода станций и/или проб, а ячейки заполнены величинами биомасс или плотностей поселения (соответственно в граммах и количестве экземпляров на квадратный метр) (рисунок 2.1). Кроме того, необходимы координаты станций (проще — в десятичном формате) и результаты измерений факторов среды, если таковые имеются. Удобнее всего сделать один файл в формате Excel (с расширением *.xlsx), включающий листы с биомассами, плотностями, координатами и факторами; в процессе анализа в эту книгу придется добавлять некоторые другие данные.

4		Α	В	С	D	Е	F	G	Н	- 1	J	K	L	M	N	0	Р	Q	R	S	Т	U	٧	W	Х	Υ
1		axa	u11	u13	a16	u17	u20	u21	a26	a2	a34	a35	u40	u43	a47	a4	a50	u55	u57	u59	a62	u6	a9	Z1	Z11	Z12
2	Acanthomys	is stelleri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Actiniaria far	n. gen. sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-		nacrocephala	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	10	0	15	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ampharete s		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
_	Ampharete s	•	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0	5	5	10	0	0	0	0	0	0	0
-	Ampharetida		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Amphiodia fi		0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	5	0	5	65	5	0	0	0	0	0
	Anadara bro Anonyx sp.	ugntoni	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 5	0	0	0	0	0	0
	Anonyx sp. Aphelochaet	a pacifica	0	0	0	0	0	0	985	10	0	255	0	0	25	15	30	0	0	0	5	0	260	0	590	550
	Arabella irico		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Arca boucar		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		mira) catherin:	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Ascidia fam.	gen. sp.	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	5	15	0	0	0
1	Α	В	С		1 4	4	В		С	D		Е	F		G	Н		T.		J	К		L	М		N
1	Point	Xc	Yc	1	Po	int	Depth	C	org	AMB	I T	PF	AP	С	02	Po	F1	PoF2	Me	F1	MeF2	Or	gF1	OrgF	2 C)rgF
2	11u	132.1792	43.2000	2	11	1u	15	0.	11	2.44	1 :	2.8	13.	4 4	4.88	-0.3	45	-1.485	-0.3	322	-1.479	-0.	651	-0.09	6 -0	.615
3	13u	132.3167	43.2000	3	13	211	12										40									070
4							12	1.1.	66	1.68	3 2	2.6	45.	6 4	4.89	-0.4	13	0.533	-0.5	566	0.538	-0.	585	0.47	3 -0	.279
	16a	131.8958	43.1533	4		Sa Sa	18		66 14	1.68		2.6 2.8	45. 51.	-	4.89 2.96	-0.4		0.533	-0.5		0.538		585 197	0.47		.100
5	16a 17u	131.8958 132.0767	43.1533 43.1533		16	6a	18	3.	14	2.26	3	2.8	51.	5 2	2.96	-0.0	21	0.975	-0.1	119	0.983	0.	197	-0.14	6 0	.100
5 6				4	16	Sa 7u		3.	14 61	2.26 3.43	3	2.8 3.8	51. 18.	5 2	2.96 4.88	-0.0 0.2	21 53	0.975 -1.074	-0.1 0.6	119 338	0.983 -1.075	0. -0.	197 582	-0.14 0.63	6 0 5 -0	.100 .197
	17u	132.0767	43.1533	4 5	16 17 20	Sa 7u Du	18 12 30	3. 0. 1.	14 61 10	2.26 3.43 2.25	3 :	2.8 3.8 2.8	51. 18. 24.	5 2 4 4 0 4	2.96 4.88 4.58	-0.0 0.2 -0.2	21 53 33	0.975 -1.074 -0.754	-0.1 0.6 -0.3	119 338 380	0.983 -1.075 -0.834	0. -0. -0.	197 582 346	-0.14 0.63 -0.00	6 0 5 -0 3 -0	.100).197).303
6	17u 20u	132.0767 132.2400	43.1533 43.1533	4 5 6 7	16 17 20 21	6a 7u Ou 1u	18 12 30 18	3. 0. 1. 0.	14 61 10 77	2.26 3.43 2.25 2.86	6 : 6 :	2.8 3.8 2.8 1.8	51. 18. 24. 51.	5 4 4 4 0 4 7 !	2.96 4.88 4.58 5.15	-0.0 0.2 -0.2 -0.3	21 53 33 20	0.975 -1.074 -0.754 0.761	-0.1 0.6 -0.3	119 338 380 450	0.983 -1.075 -0.834 0.784	0. -0. -0.	197 582 346 203	-0.14 0.63 -0.00 -0.01	6 0 5 -0 3 -0 2 -0	.100).197).303).183
6 7	17u 20u 21u	132.0767 132.2400 132.3000	43.1533 43.1533 43.1533	4 5 6 7 8	16 17 20 21 21	Sa 7u Ou 1u Sa	18 12 30 18 21	3. 0. 1. 0. 4.	14 61 10 77 03	2.26 3.43 2.25 2.86 3.19	6 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	2.8 3.8 2.8 1.8 2.8	51. 18. 24. 51. 48.	5 2 4 4 0 4 7 5 4 2	2.96 4.88 4.58 5.15 2.58	-0.0 0.2 -0.2 -0.3 0.1	21 53 33 20 40	0.975 -1.074 -0.754 0.761 1.031	-0.1 0.6 -0.3 -0.4 -0.3	119 338 380 450 301	0.983 -1.075 -0.834 0.784 0.826	0. -0. -0. -0.	197 582 346 203 986	-0.14 0.63 -0.00 -0.01 -0.84	6 0 5 -0 3 -0 2 -0 9 0	.100).197).303).183 .445
6 7 8 9	17u 20u 21u 26a	132.0767 132.2400 132.3000 131.8483	43.1533 43.1533 43.1533 43.1200	4 5 6 7 8 9	16 17 20 21 26 2	Sa 7u Ou 1u Sa a	18 12 30 18 21 10	3. 0. 1. 0. 4.	14 61 10 77 03 58	2.26 3.43 2.25 2.86 3.19 1.81	6 2 3 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	2.8 3.8 2.8 1.8 2.8 2.8	51. 18. 24. 51. 48. 69.	5 2 4 4 0 4 7 5 4 2 6 4	2.96 4.88 4.58 5.15 2.58 4.23	-0.0 0.2 -0.2 -0.3 0.1 -0.5	21 53 33 20 40	0.975 -1.074 -0.754 0.761 1.031 1.798	-0.1 0.6 -0.3 -0.4 -0.3	119 338 380 450 301 560	0.983 -1.075 -0.834 0.784 0.826 1.857	0. -0. -0. -0.	197 582 346 203 986 146	-0.14 0.63 -0.00 -0.01 -0.84 -0.27	6 0 5 -0 3 -0 2 -0 9 0 4 -0	.100).197).303).183 .445).262
6 7 8 9	17u 20u 21u 26a 2a 34a	132.0767 132.2400 132.3000 131.8483 131.8217 131.7600	43.1533 43.1533 43.1533 43.1200 43.2417 43.0850	4 5 6 7 8 9	16 17 20 21 26 2 2 34	6a 7u 0u 1u 6a a	18 12 30 18 21 10 15	3. 0. 1. 0. 4. 1.	14 61 10 77 03 58	2.26 3.43 2.25 2.86 3.19 1.81 2.14	5 3 3 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	2.8 3.8 2.8 1.8 2.8 2.8 2.8	51. 18. 24. 51. 48. 69.	5 2 4 4 7 5 4 2 6 4 8 4	2.96 4.88 4.58 5.15 2.58 4.23 4.27	-0.0 0.2 -0.2 -0.3 0.1 -0.5 -0.3	21 53 33 20 40 80	0.975 -1.074 -0.754 0.761 1.031 1.798 -0.893	-0.1 0.6 -0.3 -0.4 -0.3 -0.6 -0.4	119 338 380 450 301 560	0.983 -1.075 -0.834 0.784 0.826 1.857 -0.888	0. -0. -0. -0. 0. -0.	197 582 346 203 986 146 344	-0.14 0.63 -0.00 -0.01 -0.84 -0.27 -0.28	6 0 5 -0 3 -0 2 -0 9 0 4 -0 7 -0	.100).197).303).183 .445).262).441
6 7 8 9 10 11	17u 20u 21u 26a 2a 34a 35a	132.0767 132.2400 132.3000 131.8483 131.8217 131.7600 131.8183	43.1533 43.1533 43.1533 43.1200 43.2417 43.0850 43.0850	4 5 6 7 8 9 10	16 17 20 21 26 2 2 34 35	6a 7u 0u 1u 6a a 4a	18 12 30 18 21 10 15 25	3. 0. 1. 0. 4. 1. 1.	14 61 10 77 03 58 00 23	2.26 3.43 2.25 2.86 3.19 1.81 2.14 3.05	5 2 3 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	2.8 3.8 2.8 1.8 2.8 2.8 2.2	51. 18. 24. 51. 48. 69. 14.	5 24 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	2.96 4.88 4.58 5.15 2.58 4.23 4.27 3.70	-0.0 0.2 -0.2 -0.3 0.1 -0.5 -0.3	21 53 33 20 40 80 33 44	0.975 -1.074 -0.754 0.761 1.031 1.798 -0.893 0.523	-0.1 0.6 -0.3 -0.4 -0.3 -0.6 -0.4 -0.3	119 338 380 450 301 660 408 333	0.983 -1.075 -0.834 0.784 0.826 1.857 -0.888 0.469	0. -0. -0. 0. -0. -0.	197 582 346 203 986 146 344 188	-0.14 0.63 -0.00 -0.01 -0.84 -0.27 -0.28 -0.29	6 0 5 -0 3 -0 2 -0 9 0 4 -0 7 -0 3 0	.100).197).303).183).445).262).441
6 7 8 9 10 11	17u 20u 21u 26a 2a 34a 35a 40u	132.0767 132.2400 132.3000 131.8483 131.8217 131.7600 131.8183 131.9708	43.1533 43.1533 43.1533 43.1200 43.2417 43.0850 43.0850 43.0583	4 5 6 7 8 9 10 11 12	16 17 20 21 26 2 2 34 35 40	6a 7u 0u 1u 6a a 4a 5a	18 12 30 18 21 10 15 25 27	3. 0. 1. 0. 4. 1. 1. 3.	14 61 10 77 03 58 00 23	2.26 3.43 2.25 2.86 3.19 1.81 2.14 3.05 2.07	5	2.8 3.8 2.8 1.8 2.8 2.8 2.8 2.2 2.4	51. 18. 24. 51. 48. 69. 14. 42. 20.	5 24 4 4 4 0 4 4 1 4 1 4 1 4 1 4 1 4 1 4 1	2.96 4.88 4.58 5.15 2.58 4.23 4.27 3.70 5.73	-0.0 0.2 -0.2 -0.3 0.1 -0.5 -0.3 -0.1	21 53 23 20 40 80 33 44	0.975 -1.074 -0.754 0.761 1.031 1.798 -0.893 0.523 -0.776	-0.1 0.6 -0.3 -0.4 -0.4 -0.4 -0.3	119 338 380 450 301 560 408 333	0.983 -1.075 -0.834 0.784 0.826 1.857 -0.888 0.469 -0.852	0. -0. -0. -0. -0. -0. 0.	197 582 346 203 986 146 344 188 139	-0.14 0.63 -0.00 -0.01 -0.84 -0.27 -0.28 -0.29	6 0 5 -0 3 -0 2 -0 9 0 4 -0 7 -0 3 0 6 -0	.100).197).303).183).445).262).441).021
6 7 8 9 10 11 12 13	17u 20u 21u 26a 2a 34a 35a 40u 43u	132.0767 132.2400 132.3000 131.8483 131.8217 131.7600 131.8183 131.9708 132.1583	43.1533 43.1533 43.1200 43.2417 43.0850 43.0583 43.0583	4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	16 17 20 21 26 2 2 34 35 40	6a 7u 0u 1u 6a a 4a 5a 0u	18 12 30 18 21 10 15 25 27 27	3. 0. 1. 0. 4. 1. 1. 3. 1.	14 61 10 77 03 58 00 23 94 20	2.26 3.43 2.25 2.86 3.19 1.81 2.14 3.05 2.07	5 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	2.8 3.8 2.8 1.8 2.8 2.8 2.2 2.4 1.8 2.6	51. 18. 24. 51. 48. 69. 14. 42. 20.	5 2 4 4 7 8 7 8 6 4 8 4 2 3 5 8	2.96 4.88 4.58 5.15 2.58 4.23 4.27 3.70 5.73 4.86	-0.0 0.2 -0.2 -0.3 0.1 -0.5 -0.3 -0.1 0.0	21 53 33 20 40 80 33 44 13	0.975 -1.074 -0.754 0.761 1.031 1.798 -0.893 0.523 -0.776 -1.591	-0.1 0.6 -0.3 -0.4 -0.6 -0.4 -0.3 -0.0	119 338 380 450 301 560 408 333 072 348	0.983 -1.075 -0.834 0.784 0.826 1.857 -0.888 0.469 -0.852 -1.570	0. -0. -0. -0. -0. -0. 0. -0.	197 582 346 203 986 146 344 188 139 864	-0.14 0.63 -0.00 -0.01 -0.84 -0.27 -0.28 -0.29 -0.42 0.18	6 0 5 -0 3 -0 2 -0 9 0 4 -0 7 -0 3 0 6 -0 9 -0	.100).197).303).183).445).262).441).021).088).661
6 7 8 9 10 11	17u 20u 21u 26a 2a 34a 35a 40u	132.0767 132.2400 132.3000 131.8483 131.8217 131.7600 131.8183 131.9708	43.1533 43.1533 43.1533 43.1200 43.2417 43.0850 43.0850 43.0583	4 5 6 7 8 9 10 11 12	16 17 20 21 26 2 34 35 40 43	6a 7u 0u 1u 6a a 4a 5a 0u 3u	18 12 30 18 21 10 15 25 27	3. 0. 1. 0. 4. 1. 1. 3. 1. 0.	14 61 10 77 03 58 00 23	2.26 3.43 2.25 2.86 3.19 1.81 2.14 3.05 2.07	5	2.8 3.8 2.8 1.8 2.8 2.8 2.8 2.2 2.4	51. 18. 24. 51. 48. 69. 14. 42. 20.	5 2 4 4 0 4 77 8 4 2 6 4 8 4 2 3 5 8 0 4	2.96 4.88 4.58 5.15 2.58 4.23 4.27 3.70 5.73	-0.0 0.2 -0.2 -0.3 0.1 -0.5 -0.3 -0.1	21 53 33 20 40 80 33 44 13 80	0.975 -1.074 -0.754 0.761 1.031 1.798 -0.893 0.523 -0.776	-0.1 0.6 -0.3 -0.4 -0.4 -0.4 -0.3	119 338 380 450 301 560 408 333 072 348 433	0.983 -1.075 -0.834 0.784 0.826 1.857 -0.888 0.469 -0.852	0. -0. -0. 0. -0. -0. 0. -0.	197 582 346 203 986 146 344 188 139	-0.14 0.63 -0.00 -0.01 -0.84 -0.27 -0.28 -0.29	6 0 5 -0 3 -0 2 -0 9 0 4 -0 7 -0 3 0 6 -0 9 -0 5 -0	.100).197).303).183).445).262).441).021

Рисунок 2.1 — Фрагмент видовой матрицы и листов книги Excel с координатами станций и факторами среды: данные 2016 г. Большинство параметров среды получено на основе применения факторного анализа [44–48]

Статистические программы и модули. Для выполнения алгоритма потребуется среда R (модули xlsx, pvclust, scaleboot, cluster, vegan, geosphere, MASS, функция pvclust_bcdist и, по желанию, графический интерфейс пользователя — GUI — Rcmdr). Функция pvclust_bcdist, как и сам алгоритм в виде скриптовой программы для R, размещена на сайте ДВНИГМИ http://ferhri.org. «Инструкцию» по скачиванию, установке и использованию R можно найти в замечательной книге P.И. Кабакова [43], которая находится в интернете в «свободном» доступе. Для ознакомления с «тонкостями» выполнения тех или иных процедур авторы использовали работы В.К. Шитикова, С.Э. Мастицкого, Г.С. Розенберга, Я. Оксанена и др. литературу [49–51]. Кроме того, желательно иметь ППП PRIMER, который значительно упрощает ряд статистических процедур (ANOSIM, SIMPER, вычисление экологических индексов); скачивание и

установка его ранних версий из интернета обычно не вызывает серьезных затруднений. Ниже приведены команды, сопровождаемые самыми необходимыми пояснениями; во избежание повторений результаты их выполнения приведены в разделе 3.

Выделение сообществ. Импортируем подготовленные данные в среду R^* :

library(xlsx)
$$(2.1)$$
,

где A — количественная характеристика вида, n — номер листа книги Excel, row.names — столбец листа Excel, который содержит коды станций, названия видов или более крупных таксонов. Затем можно проверить то, что получилось:

$$fix(A)$$
 (2.4).

После просмотра данных, если, например, появились строчки или столбцы заполненные «NA», следует их удалить, можно не выходя из \mathbf{R} , используя GUI Rcmdr. Далее необходимо преобразовать плотности и биомассы; обычно это $\log(x+1)$, корень второй или четвертой степени:

Alog
$$<- \log (A+1)$$
 (2.5),

$$A2 \leftarrow sqrt(A) \tag{2.6},$$

$$A4 \leftarrow sqrt(sqrt(A)) \qquad (2.7).$$

Следующая процедура — бутстреп деревьев и расчет смещенных и несмещенных вероятностей появления узлов на дендрограмме. Обычно, в качестве метрики, мы используем коэффициент Брея-Кертиса и метод агломерации Варда, что впрочем, отнюдь не исключает других метрик и методов. Рекомендации по применению тех или иных процедур кластерного анализа можно получить, например, у Дж.-О. Кима с соавторами [40].

Модуль pvclust не вычисляет коэффициент сходства Брея-Кертиса, поэтому включаем функцию "pvclust bcdist" (открываем скрипт pvclust bcdist.R, выделяем все, запускаем) и

^{*} Чтобы команда (1) сработала, на компьютере должна быть установлена программа Java. Если название какой-либо папки или файла написано кириллицей, следует переключить клавиатуру на кириллицу.

переходим к выполнению команд:

Кроме метода ward.D2 возможно использование average, single, complete, mcquitty, median или centroid; в качестве метрик – maximum, manhattan, euclidean, canberra, binary или minkowski, abscor, correlation, uncentered. В дополнение можно отдельно получить смещенные и несмещенные вероятности для узлов деревьев в виде таблицы:

$$summary (fm) (2.13).$$

Классификация нерасклассифицированных станций. При наличии плохо или совсем нерасклассифицированных точек опробования, определим, к каким группам эти станции сильнее всего «притягиваются» с использованием алгоритма нечеткой классификации. Смысл этой процедуры заключается в том, что объект (в нашем случае – станция) может принадлежать к нескольким группам, но тяготеть к ним с разной силой. Подключаем модули:

Транспонируем полученные ранее данные и вычисляем матрицу дистанций (метрика "bray-curtis"):

$$At4 < -t(A4)$$
 (2.16),

Кластеризуем данные на основе этой матрицы, строим диаграмму рассеяния и вычисляем "силу притяжения" (степень принадлежности) каждой станции к каждому кластеру:

$$Z2.f \leftarrow fanny(A.ch, 6, memb.exp = 1.2)$$
 (2.18).

Параметр "memb.exp" (экспоненциальный вес) подбирается, его «штатный» диапазон изменяется в пределах 1.2–2; чем этот вес больше, тем нечеткое разбиение более «размазано» [49]. Строим диаграмму рассеяния и получаем таблицу с «силами

притяжения» станций к кластерам:

Использование в процедуре кластеризации плотности поселения и биомассы видов обычно дает идентичные результаты, различающиеся только порядком агломерации станций в полученных кластерах и бутстреп-вероятностями. Аналогичные вариации имеют место и при использовании разных подходов, например, методов групповой средней и полной связи. Однако, такая «идентичность» наблюдается не всегда, поэтому желательно проводить вычисления и по биомассам и по плотностям. При таком развитии событий необходимо либо «волевое» решение, либо внимательный анализ других результатов, например процедуры SIMPER и др.

ANOSIM. Данная процедура выполняется для статистической оценки принадлежности станций к той или иной группе или, иными словами, для проверки достоверности появления фрагментов древовидной структуры. В имеющейся книге Excel создаем новый лист с результатами классификации (например: полученные группы – A, B, C, D, E; название колонки – Group), причем порядок положения станций в столбце должен точно совпадать с таковым в At4, чего можно добиться, сортируя данные. Импортируем его в среду R, как было показано выше, например, под именем Cluster, и переходим к анализу:

Тест Мантеля. Понадобятся три массива данных:

- 1) трансформированные и транспонированные значения плотности и/или биомассы (At4);
- 2) данные по факторам среды;
- 3) координаты станций.

Первые у нас уже есть, вторые и третьи импортируем и называем, например, Env и Geo. Формируем таблицу видов и преобразуем ее в матрицу дистанций Хеллингера:

^{*}Проще всего ее выполнить в ПП PRIMER.

$$At4[At4<0] < 0$$
 (2.26),

D spec
$$\leftarrow$$
 dist(At4N) (2.28),

Создаем таблицу факторов среды, преобразуем ее в стандартизованный вид и строим матрицы евклидовых дистанций:

D env
$$\leftarrow$$
 dist(EnvS) (2.30).

Формируем матрицы расстояний (км) между точками отбора проб ** :

D geo
$$\leftarrow$$
 as.dist(distm(Geo)/1000) (2.32).

Можно выполнить графическое тестирование данных с отображением координат и кругов, пропорциональных количественной характеристике вида на каждой станции:

где n – номер вида в At4 (если использовать At4 – круги будут пропорциональны корню 4 степени из количественной характеристики, если At – самой характеристике); пример такого тестирования представлен на рисунке 2.2. Сам тест:

«Обилие видов» ~ «Факторы среды»:

«Обилие видов» ~ «Пространственное расположение»:

«Факторы среды» ~ «Пространственное расположение»:

$$mantel(D env, D geo)$$
 (2.36).

Связи одновременно всех трех матриц:

^{**}Если координаты представлены в стандартной форме (градусы, минуты, секунды), необходимо сначала преобразовать их в числовую форму (см. [49]).

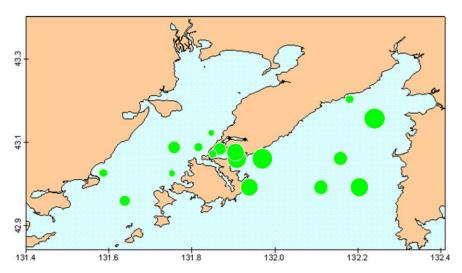


Рисунок 2.2 – Пример графического тестирования данных: размер кругов пропорционален корню четвертой степени из биомассы полихеты *Scoloplos armiger*. Пространственное распределение At4 наложено на карту, построенную в ПП Surfer

Наименование сообществ. В наибольшей степени сходство станций обеспечивают те виды, которые относительно обильны во всех или большинстве проб (на всех или большинстве станций). Логично, что именно по таким видам и должны именоваться сообщества, а не по тем, которые либо из-за больших размеров, либо выраженного агрегированного распределения дают максимальные средние биомассы или плотности на фоне низкой, а то и единичной встречаемости. Именно для выявления таких видов, которые вносят наибольшие вклады во внутригрупповое сходство и межгрупповое несходство, и используется процедура SIMPER (как и ANOSIM, ее проще выполнить в ПП PRIMER):

$$summary(sim)$$
 (2.41).

Описание сообществ. После выделения и наименования ассоциаций донных животных следует сделать их описания. На наш взгляд, они должны быть краткими, построенными по единой схеме и включать основные характеристики обилия и экологические индексы $(A, B, R, H', e, AMBI, M-AMBI, \Pi \)$ (таблица 2.5). Кроме того, логично оценить и статистическую значимость различий перечисленных параметров у

^{*}Рассчитать большинство биотических параметров можно, например, при помощи ППП PRIMER; индексы *AMBI*, *M-AMBI* вычисляются при помощи специализированной программы [37]; определение Π ЭС – см. предыдущий раздел.

выделенных сообществ или, хотя бы, таковую влияния фактора «кластер». Для этого, создадим в нашей книге Excel еще один лист и поместим туда значения всех этих показателей по станциям, импортируем данные в R-статистику и перейдем к выполнению непараметрических тестов (полные результаты не приводятся):

Определение ведущих факторов среды. Наиболее «прогрессивной» процедурой выявления таких факторов является канонический анализ соответствий в самом его нелинейном выражении (Constrained CA, CCA; на самом деле, базируясь на расстояниях χ^2 и представляя взвешенное линейное отображение, он каноничен лишь в силу терминологических традиций). При выполнении этой процедуры генерируется множество промежуточных результатов, которые мы пропустим. Полная модель, включающая все факторы среды, ее дисперсионный анализ и различные «полезные» диаграммы получаются при выполнении следующих команд:

Диаграмма рассеяния, получаемая по выражению (2.47), отображает только коды станций, команда (2.48) показывает коды станций, векторы факторов среды и названия всех видов (как оставить названия лишь самых «важных» из них – см. [51]). При включении скрипта (2.49) вместо названия видов выводятся их «центры тяжести» (центроиды), формула (2.50) воспроизводит дисперсионный анализ для модели, которая включает все факторы. Структуру связей последних с осями ССА, получаемых по характеристикам обилия видов, можно получить при помощи выражений:

а на диаграмму рассеяния вывести только «значимые» параметры, введя ограничения по

уровню значимости (р. max):

plot(ef, p.max =
$$0.05$$
) (2.52).

При этом можно заметить, например, что многие параметры явно коррелируют друг с другом и могут быть «опущены». Для их сокращения используем пошаговую процедуру, которая выбирает «наилучшую» модель на основе информационного критерия Акаике (AIC, по умолчанию):

В результате получаем некую новую модель:

$$At4 \sim P1 + P2 + ... + Pk$$
 (2.54),

где Pi — оставшиеся после сокращения факторы. Необходимо подчеркнуть, что применять эту процедуру следует с большой осторожностью, проверяя получаемые результаты на каждом шаге, чтобы не удалить параметры, которые могут быть весьма информативны для объяснения результатов. Можно, например, вначале оценить скоррелированность переменных и отбросить те из них, которые сильно связаны с другими и, в то же время, плохо интерпретируются (например, после предварительного снижения размерности методами факторного анализа). Кроме того, на наш взгляд, в модели следует оставлять и параметры с маргинальными вероятностями (0,05 , а по некоторым рекомендациям — и до <math>p = 0,2 [51].

Дисперсионный анализ:

 $mod < -cca(At4 \sim P1 + P2 + ... + Pk, Env)$ (2.55),

При использовании выражения (2.56) получаем результат, аналогичный таковому из (2.50), но оценивается модель с сокращенным числом переменных. Скрипт (2.57) воспроизводит дисперсионный анализ I типа, когда все характеристики анализируются последовательно, причем в том порядке, в котором они стоят в формуле, и этот порядок влияет на конечный результат: первые параметры оказываются более «значимыми», чем

последующие. Команда (2.58) приводит к выполнению теста *ANOVA* III типа, оценивающего так называемые краевые эффекты, которые независимы от порядка термов в формуле, но коррелированные переменные получают завышенные значения вероятности. Применение (2.59) оценивает значимость осей ССА с позиций статистики. Следующие команды выполняют подгонку векторов факторов среды к осям ССА и показывают их структуру:

ef
$$\leftarrow$$
 envfit (mod, Env, permu = 999); ef (2.60).

Визуализацию дифференциации сообществ под воздействием факторов среды и результаты подгонки поверхностей последних нагляднее выполнять при помощи нелинейного многомерного шкалирования (NMDS). Этот метод, судя по опыту применения, «менее линеен», чем ССА и диаграммы рассеяния получаются более сжатыми. Так как скрипты (2.62) – (2.66) повторяют таковые для ССА, не будем заострять на них внимание.

Следующие команды позволят отобразить на диаграммах рассеяния поверхности факторов:

Далее, очевидно, необходимо сделать некое описание этой привязанности ассоциаций донных животных (примеры см. раздел 3).

В заключение приведем скрипт еще для одной весьма полезной процедуры, позволяющей сопоставить результаты ординаций, получаемых на основе разных параметров (например, по биомассам и плотностям поселения) или методов (NMDS, CCA) – теста Прокруста или "прокрустовом" преобразовании геометрии точек:

$$plot(pro, type = "t")$$
 (2.74),

plot(pro, kind =
$$2$$
) (2.75).

Команды (2.71) и (2.72) сравнивают ординации, (2.73) — выводит значение прокрустовой суммы квадратов, представляющее собой минимум суммы квадратов расстояний между двумя ординациями. Выражение (2.74) строит эти диаграммы с осями разных ординаций и стрелками, показывающими «перемещение» точек (станций) при использовании разных параметров или методов (рисунок 2.3). Скрипт (2.75) позволяет получить по-станционный график разностей остатков.

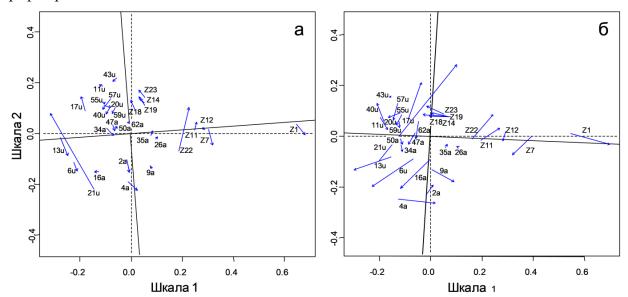


Рисунок 2.3 — Суперпозиция ординаций станций по биомассе и плотности, полученных методом NMDS, и по биомассе, полученных методами NMDS и CCA (соответственно а и б, данные съемки 2016 г. в прибрежной зоне Владивостока). Сумма квадратов Прокруста m^2 соответственно 0,210 и 0,493; стрелки: а — начало — плотность, конец — биомасса; б — начало — ССА, конец — NMDS

Важным условием использования данного алгоритма является осторожность и внимательность при выполнении различных процедур и тестов, а также соблюдение последовательности и полноты их применения. Естественно, область приложения скомпилированных операций значительно шире, чем только макрозообентос: алгоритм

может быть использован при анализе структуры самых разнообразных природных комплексов, как растительных, так и животных. Скомпилированный нами алгоритм – весьма быстрая процедура; при некотором опыте за рабочий день можно «обработать» результаты нескольких съемок. Раньше на это уходило до нескольких дней, а то и недель, причем всегда оставалось сомнение в правильности выбранного решения. В то же время это далеко не полный набор методов, которые можно, а иногда и нужно, применять: с их многообразием можно познакомиться в уже упомянутых работах Я. Оксанена, Р.И. Кабакова, В.К. Шитикова, С.Э. Мастицкого, Г.С. Розенберга [43, 49–51] и, естественно, на просторах интернета.

Итак, разработанный алгоритм позволяет довольно легко и оперативно производить выделение сообществ донных животных и получать статистические подтверждения справедливости полученной классификации, выявлять основные факторы среды, ведущие к дифференциации этих группировок, что также сопровождается оценками с позиций статистики. Классификация, выраженная в численной форме и подтвержденная результатами статистического анализа, придает исследователю уверенность в своих дальнейших действиях по описанию полученных групп и их свойств, а также при последующих манипуляциях с этими группами, например, при разработке методов оценки качества морской среды на основе структуры самих сообществ.

3 Сообщества макрозообентоса залива Петра Великого

Ниже представлены результаты «испытаний» применения алгоритма, описанного в разделе 2. Каждое описание выделенных сообществ предваряется краткой общей характеристикой донной фауны района работ. Более подробное ее описание не входит в цели и задачи данного Отчета и по большей части сделано в уже опубликованных или находящихся в подготовке к публикации работах авторов [4, 47, 52–58]. Это же относится и к результатам факторных процедур параметров среды [44, 46–48, 58, 59]. Кроме того, множество промежуточных и предварительных результатов, получаемых при вычислениях, например, агломерации станций по показателям обилия видов, пошаговой процедуре выделения императивных факторов и т.п., авторы позволили себе опустить.

3.1 Залив Стрелок и бухта Рифовая

На исследованной акватории найдено 112 видов донных животных, относящихся к 16 таксономическим группам. Наибольшим видовым богатством и встречаемостью среди макрозообентоса характеризовались полихеты (58 видов, встречаемость от числа станций 100 %), двустворчатые (17 и 70,8) и брюхоногие (11 и 58,3) моллюски. Амфипод было найдено 7 видов, декапод – 4, офиур – 3, морских звезд – 2 (25,0, 16,7, 75,0 и 45,8), актиний, асцидий, кумовых раков, морских ежей, эхиурид, пиявок, голотурий, мизид и немертин – по одному, причем встречаемость последних была весьма заметной (66,7 %). Основу биомассы составляли асцидии и морские звезды (29,4 и 24,8 % от общей биомассы), а численности – полихеты (83,4 % от общей плотности поселения).

Среди макрозообентоса чаще всех встречался Lumbrineris longifolia* (95,8 % от числа станций); более чем на половине станций обнаружены полихеты Scoloplos armiger, Laonice cirrata, Glycera sp., Aphelochaeta pacifica, Goniada maculata, змеехвостка Ophiura sarsii и неопределенные до вида немертины (54,2–83,3 %). S. armiger и O. sarsii входили в состав животных, лидирующих по плотности (>100 экз./м², 9,3 и 8,9 % от общей плотности), а доминировал все тот же L. longifolia (214±47 экз./м², 16,2 %). Средняя биомасса перечисленных видов была довольно низка, а преобладала по этому показателю асцидия Halocyntia aurantium — 43,4±44,3 г/м² (вклад — 29,4 %, встречаемость всего 4,2 %), сразу за ней следовала морская звезда Asterina pectinifera — 36,1±36,9 г/м² (24,5 % и 8,3 %), третьей — O. sarsii, чей вклад был уже в 2 раза ниже.

По биомассе видов макрозообентоса (использование плотности поселения дает практически идентичные результаты) обследованные станции могут быть объединены в две группы, имеющие уровень внутригруппового сходства 31,5–41,8 % (рисунок 3.1):

^{*}Комплекс видов рода Lumbrineris. Далее – L. longifolia.

I. Все станции бухты Рифовой и три станции из залива Стрелок (R11–18, S2, S6 и S7);

II. Станции в заливе Стрелок (S1, S3–5, S8–10).

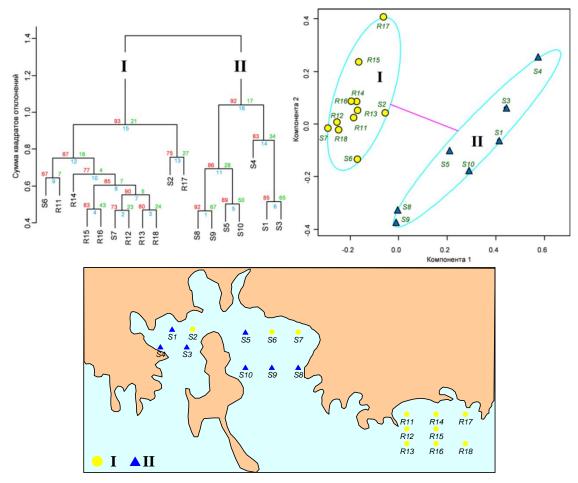


Рисунок 3.1 – Дендрограмма сходства станций по видовому составу макрозообентоса, полученная методом Варда (ward.D2) с использованием коэффициента сходства Брея-Кертиса на основе биомассы донных животных (преобразование — корень четвертой степени), группировка станций алгоритмом нечеткой классификации (компоненты 1 и 2 объясняют 39.4 % изменчивости) и распределение выделенных сообществ макрозообентоса (римские цифры) на исследованной акватории. В узлах дендрограммы приведены порядковые номера агломерации, приближенные и несмещенные оценки бутстреп-вероятностей (соответственно синим, зеленым и красным цветом). Римские цифры – выделяемые сообщества; розовые линии соединяют групповые центроиды

Такое разбиение подтверждается результатами процедуры ANOSIM и теста Мантеля (таблица 3.1, 3.2). Так как определяющее и статистически значимое влияние на обилие видов макрозообентоса оказывает сумма факторов среды, их группирование (видов и станций, по обилию первых) обусловлено экологически, а не по каким-либо другим причинам. Таким образом, выделенные группировки I и II, в соответствии с определением, являются сообществами. Кроме того, на обособление этих ассоциаций значимо влияет и пространственная локализация. Следует отметить довольно плавный переход одной группировки в другую, о чем говорит заметная доля станций с повышенными значениями степени принадлежности (таблица А.1), причем станции S8,

S9, S2 и R17 явно располагались в областях экотона (отсутствие существенной разницы в силе притяжения к полученным кластерам).

Таблица 3.1 – Результаты процедуры *ANOSIM*

	1 11			
Сравниваемые	Показатель	Статистика <i>R</i>	Уровень	Действительное
группы	обилия	Статистика К	значимости, %	число перестановок
1–2	Плотность	0,522	0,2	999
1–2	Биомасса	0,584	0,1	999

Таблица 3.2 – Результаты теста Мантеля для оценки статистической значимости связи обилия видов макрозообентоса с факторами среды и пространственным расположением (число перестановок – 999)

Сторууро оми на моттруун и мустомууй	Статистика	95-% доверительные	р (при
Сравниваемые матрицы дистанций	Мантеля <i>r</i>	интервалы <i>r</i>	рандомизации)
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\}$	0.547/0,502	<u>0,251÷0,843</u>	0.002/0,003
(Факторы среды Е)	0.547/0,502	0,227÷0,777	0.002/0,003
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Расположение в	0.449/0,433	$0,336 \div 0,562$	0.001/0,001
пространстве G}	0.449/0,433	0,303÷0,563	0.001/0,001
$\{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\} \sim \{$ Расположение в	0.307	0,186÷0,428	0,001
пространстве \mathbf{G} }	0.307	0,180 · 0,428	0,001
Связь между тремя матрицами S, E и G	0,482/0,430	$0.187 \div 0.777$	0,004/0,007
одновременно	0,462/0,430	0,141÷0,719	0,004/0,007

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы

Основной вклад во внутригрупповое сходство станций группы I по плотности поселения вносит L. longifolia, а по биомассе -O. sarsii (таблица A.2). В группе II как по плотности, так и по биомассе лидирует A. pacifica. Очевидно, что выделенные группы следует рассматривать как сообщества L. longifolia + O. sarsii и A. pacifica. Несмотря на видимые различия в средних величинах большинства параметров, воздействие фактора «кластер» оказалось статистически значимым только у биомассы, статистики Кларка, индексов AMBI и M-AMBI и, маргинально - у индекса Шеннона-Винера (таблица 3.3).

Для группировки І *L. longifolia* + *O. sarsii* характерны более высокие значения всех биотических параметров, чем у второго сообщества (таблица 3.3). Всего в ней отмечен 81 вид беспозвоночных; 13 из них были найдены на половине и более станций, при этом 100-% встречаемость показал *L. longifolia*, *G. maculata* и *S. armiger* имели F_q почти в 92 %, а *Glycera sp.*, другая полихета *Laonice cirrata* и *O. sarsii* – в 75 %. По плотности поселения лидировал все тот же *L. longifolia* (268 ± 70 экз./м²), хотя *O. sarsii* по этому показателю был ему близок (243 ± 83 экз./м²). Наибольшую среднюю биомассу имел *H. aurantium* ($94,6\pm94,6$ г/м²), найденный всего на одной станции, а *O. sarsii* оказался лишь третьим после редкого *А. ресtinifera* (соответственно 40.3 ± 19.6 и 78.8 ± 78.8 г/м², последний вид также обнаружен лишь на одной станции). Это богатое видами, но умеренно разнообразное сообщество ($R=19\pm1$, $H'=2.23\pm0.09$) с выровненным распределением видов по рангам ($e=0.768\pm0.015$) и выраженным доминированием относительно крупных животных ($W=0.259\pm0.032$). Из видов — позитивных индикаторов загрязнения отмечен

довольно часто встречающийся, но не создающий заметных скоплений $A.\ pacifica\ (33,3\ \%,\ 9\pm4\ {\rm экз./m^2},\ 0,04\pm0,02\ {\rm г/m^2}).$ В соответствие с величинами индекса M-AMBI экологический статус донного населения изменяется от хорошего до высокого. Плотности и биомассы отдельных видов сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в 10 и 11 случаях (ПЭС -13,0 %).

Таблица 3.3 – Количественные и структурные характеристики сообществ макрозообентоса

на исследованной акватории

на исследованнои	акватории				
	Сообщ		Тест Манна-		
Параметр	I. L. longifolia	II. A. pacifica	В среднем	Уитни	
	+ O. sarsii	, v			
R	<u>19±1</u>	<u>14±3</u>	17 <u>±</u> 1	0,188	
	12–26	1–23	1/=1	0,100	
A, экз./м ²	<u>1571±277</u>	<u>1524±271</u>	1553±196	1 000	
A, 3K3./M	510–3315	700–2570	1333 <u>±</u> 190	1,000	
В, г/м ²	283.9±116.5	20.6±4.9	101 5 70 7	0.002	
B, 17M	15.2–1071.6	5.0-38.1	181.5 <u>±</u> 78.7	0,002	
III 6	2.23±0.09	1.63±0.32	2.00+0.15	0.057	
H', бит/экз.	1.80-2.78	0.00-2.37	2.00 <u>±</u> 0.15	0,057	
_	0.768±0.015	0.697 ± 0.032	0.742+0.016	0.210	
e	0.704-0.852	0.583-0.779	0.743 ± 0.016	0,319	
117	0.259 ± 0.032	0.036 ± 0.071	0.190+0.041	0.011	
W	0.094-0.383	-0.211-0.235	0.180 ± 0.041	0,011	
AMDI	1.68±0.13	3.46±0.34	2 27 10 26	0,001	
AMBI	1.23–2.46	2.43-4.50	2.37 ± 0.26	0,001	
MAMDI	0.812±0.037	0.557 ± 0.099	0.912+0.027	0.010	
M-AMBI	0.633-0.997	0.117-0.828	0.812 ± 0.037	0,010	
ПЭС	13,0	16,7	14,9	_	

Примечание — В числителе — среднее значение \pm ошибка репрезентативности, в знаменателе — диапазон изменчивости, для теста Манна-Уитни приведена вероятность справедливости H_0 : относительный сдвиг распределений отсутствует.

Сообщество II *А. расіfіса* характеризуется меньшими, чем у предыдущей группировки средними величинами числа видов, биомассы, статистики Кларка, индексов Шеннона-Винера и Пиелу и, в тоже время, довольно высокой плотностью поселения, примерно равной таковой сообщества *L. longifolia* + *O. sarsii* (таблица 3.3). Это богатая видами, но бедная в информационном отношении группировка (R=14±3, H'=1,63±0.32) с умеренно выровненным ранговым распределением видов (e=0.697±0.032), в которой слегка преобладают относительно мелкие животные (W=-0.036±0.071). Всего в ассоциации найдено 45 видов (9 из них – более чем на 57 % станций), среди которых чаще других встречались *А. расіfіса* и *L. longifolia* (85,7 %), причем первый доминировал как по плотности, так и по биомассе (301±141 экз./м² и 6.2±3,9 г/м²). Второй вид по плотности отставал незначительно – 269±109 экз./м², тогда как биомасса субдоминантного по этому

показателю и редкого (14,3 %) двустворчатого моллюска *Macoma orientalis* была в 2,5 раза ниже $-2.5\pm2,7$ г/м². На долю видов – позитивных индикаторов загрязнения и эвтрофикации (пять видов, включая *A. pacifica*) приходится около 36,7 и 36,0 % от общей плотности и биомассы сообщества. Экологический статус бентоса варьирует от плохого до высокого. Плотности и биомассы отдельных видов сильно и положительно коррелируют с общими величинами параметров обилия соответственно в восьми и семи случаях (ПЭС -16,7 %).

К сожалению, в начале последнего десятилетия прошлого века количество определяемых параметров среды было ограничено глубиной и концентрациями загрязняющих веществ; гранулометрический состав не исследовали, ограничиваясь визуальной характеристикой – ил, заиленный песок, мелкозернистый песок и т.п. Однако даже такой набор факторов позволяет дать вполне логичное объяснение причин дифференциации выделенных сообществ.

Результаты дисперсионного анализа суммированы в таблице 3.4: статистически в целом, оказались модель включение в нее параметра, значимыми сама характеризующего уровень химического загрязнения – PoF (результат факторного анализа концентраций ЗВ), и степени «незаиленности» грунта, а также обе оси ССА. В отличие от классического дисперсионного и корреляционного анализа, основанных на методе наименьших квадратов и дающих возможность определить коэффициент детерминации – долю общей дисперсии, объясняемой тем или иным фактором, ССА использует метод максимального правдоподобия. Поэтому судить о «силе влияния» тех или иных переменных можно только по величинам критерия χ^2 , расчетной величине критерия Фишера F или вероятности справедливости нулевой гипотезы Pr. Следует подчеркнуть, что отчетливая и статистически значимая дифференциация сообществ по отношению к факторам среды является подтверждением результатов теста Мантеля и, соответственно, вывода о том, что выделенные группы являются сообществами.

В соответствие с величинами индекса *AMBI* местообитания сообщества I *L.* longifolia + O. sarsii имеют легкую степень повреждения, а у группировки *A. pacifica* нарушение биотопов варьирует от умеренного до легкого. Сообщество *L. longifolia* + O. sarsii приурочено к области с минимальным уровнем загрязнения (\leq 1,8 в единицах *TPF*) и заиления (\leq 26,5 %*), хотя по последнему параметру, как и по глубине, «ниши» выделенных сообществ заметно перекрываются (рисунок 3.2, таблица 3.5). Ассоциация II *А. pacifica* формируется в менее комфортных условиях по степени загрязнения (*TPF*=1,8—2,8) и на грунтах с явно большим содержанием частиц тонких фракций (19,8–42,7 %).

^{*}Содержание алевропелитов определено по формуле APC=0.0023*Fe-8.1176 (r=0.917, p=0.000, n=107) [57].

Следовательно, учитывая значения χ^2 , F и Pr, основным императивным фактором дифференциации выделенных группировок является уровень химического загрязнения донных отложений, но необходимо отметить, что только на одной станции S4 TPF имел величину равную критическому значению этого параметра (2,8).

Таблица 3.4 — Результаты ССА для биомассы донных животных: дисперсионный анализ (ANOVA) для полных моделей, моделей с сокращенным числом параметров и статистическая оценка их термов по отдельности, влияние краевых эффектов и значимость осей (число перестановок — 999)

SHE HIMOUTD COOK	mono mepeeramene	, R , , , ,		
Параметр	Df	χ^2	F	<i>Pr</i> (> <i>F</i>)
	Общая модель: Кор	оень 4 степени из б	биомассы ~ <i>PoF</i> + <i>G</i>	r
Модель	2	0,857	1,679	0,001
Остатки	15	3,827		
	Последон	зательное включен	ие (тип I)	
PoF	1	0,493	1,934	0,001
Gr	1	0,363	1,424	0,007
Остатки	15	3,827		
	Кра	евые эффекты (тиг	ı III)	
PoF	1	0.437	1.714	0,001
Gr	1	0.363	1.424	0,006
Остатки	15	3,827		
		Оси		
CCA1	1	0,498	1.953	0,001
CCA2	1	0,359	1.406	0,012
Остатки	15	3,827		

Примечание — χ^2 — критерий согласия хи-квадрат; F — расчетная величина критерия Фишера; Pr — вероятность справедливости H_0 о статистической незначимости модели или включении в нее переменных; CCA1-5 — шкалы (размерности), полученные при помощи канонического анализа соответствий (CCA), PoF — уровень химического загрязнения осадков, Gr — степень «незаиленности».

Таблица 3.5 – Параметры среды и сообщества макрозообентоса

Сообщество	Глубина, м	<i>TPF</i> , усл. ед.	Содержание частиц <0,1 мм, %*
			частиц <0,1 мм, 70°
I I longifolia + O sansii	28	1,4	10,0
I. L. longifolia + O. sarsii	(8–42)	(1,3-1,8)	(0,0-26,5)
II A nacified	19	2,1	28,8
II. A. pacifica	(6–29)	(1,8-2,8)	(19,8–42,7)

^{*} пересчет по концентрации железа.

Примечание — Для каждого параметра среды приведено среднее значение и диапазон изменений (в скобках).

Начало 90-х гг. характеризовалось уменьшением уровня загрязнения вследствие снижения хозяйственной активности [60–62]. Естественно, такое падение является изменением условий существования донного населения, что ведет к сукцессии его группировок. Известно, что в областях, где имеет место процесс реколонизации и, соответственно, сукцессионных изменений, можно найти множество существенных различий среди значений структурных параметров даже на близко расположенных

станциях [63]. Это, например, внезапное увеличение богатства, разнообразия и/или обилия, что и имеет место на исследованной акватории; подобные явления наблюдались нами в изменениях сообществ пролива Босфор Восточный [47].

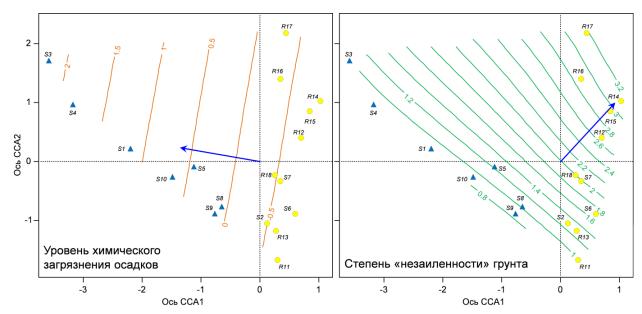


Рисунок 3.2 – Ординация станций методом ССА (биомасса) и результаты подгонки поверхностей для факторов среды

Таким образом, на исследованных участках залива Стрелок и бухты Рифовой найдены два сообщества макрозообентоса — L. longifolia + O. sarsii и A. pacifica. Первое из них находится в хорошем и высоком экологическом статусе, приурочено к слабо нарушенным местообитаниям, довольно разнообразно и имеет сравнительно высокие характеристики обилия, причем в нем преобладают относительно крупные животные, а позитивные индикаторы загрязнения редки. Второе — прямо противоположно первому: оно занимает более нарушенные биотопы, имеет, в среднем, умеренный статус и характеризуется низким разнообразием, небольшой биомассой и доминированием мелких представителей донной фауны на фоне массовой пролиферации положительных индикаторов загрязнения. В дифференциации найденных сообществ участвуют не только природные, но главным образом, антропогенные факторы.

3.2 Залив Посьета и прилежащая акватория

В районе работ найден 131 вид макрозообентоса, относящийся к 15 таксономическим группам. Наибольшим богатством и встречаемостью характеризовались многощетинковые черви (69 видов, встречаемость – 98,3 %), двустворчатые (35 и 94,8) и брюхоногие (7 и 39,7) моллюски. Декапод было найдено пять видов (29,3), морских звезд, ежей и офиур – по три (17,2, 12,1 и 56,9), амфипод, асцидий, голотурий, изопод, мизид, форонид, сипункулид и немертин – по одному, причем встречаемость последних была более чем заметной (60,3). Основу биомассы составляли двустворчатые моллюски (54,3 % от общей биомассы), а численности – полихеты (62,8 % от общей плотности поселения).

Среди макрозообентоса чаще других встречался *L. longifolia* (70,7 %); более чем на половине станций обнаружены полихеты *S. armiger, Maldane sarsi, Glycera* sp., *Praxillella* sp. и неопределенные до вида немертины (53,4–67,2 %). *M. sarsi* и *Praxillella* sp., а также *O. sarsii* входили в состав животных, лидирующих по плотности (>100 экз./м², 9,2–12,6 % от общей плотности), а доминировал все тот же *L. longifolia* (213 \pm 68 экз./м², 18,2 %). Средняя биомасса перечисленных видов была довольно низка, а преобладал по этому показателю *А. pectinifera* – 169,0 \pm 125,9 г/м² (вклад – 39,1 %, встречаемость всего 10,3 %); у ближайшего «преследователя» – морских звезд, не определенных до вида – этот показатель в 3,5 раза меньше.

По плотности поселения видов макрозообентоса (использование биомассы дает почти такие же результаты) обследованные станции могут быть объединены в четыре группы, имеющие уровень внутригруппового сходства 14,4–44,0 % (рисунок 3.3):

- І. Станции открытой части исследованной акватории;
- II. Станции прибрежья в открытой части района работ;
- III. Станции акватории, «переходной» между ее открытой и закрытой частями;
- IV. Станции кутовых частей бухт и самой закрытой части акватории.

Разделение станций на четыре кластера подтверждается результатами процедуры ANOSIM и теста Мантеля (таблица 3.6, 3.7). Определяющее и значимое влияние на обилие видов макрозообентоса оказывает сумма факторов среды и, следовательно, их агломерация (видов и станций, по обилию первых) обусловлена экологически (таблица 3.7). Таким образом, выделенные группировки I–IV, в соответствии с определением, являются сообществами. На обособление этих ассоциаций значимое воздействие оказывает и пространственная локализация, но в гораздо меньшей степени, чем на акватории залива Стрелок и бухты Рифовой. При этом сообщества довольно четко разграничены: доля станций с повышенными значениями степени принадлежности «чужим» кластерам

относительно невелика и отмечена, преимущественно у третьей и первой группировок (таблица А.3).

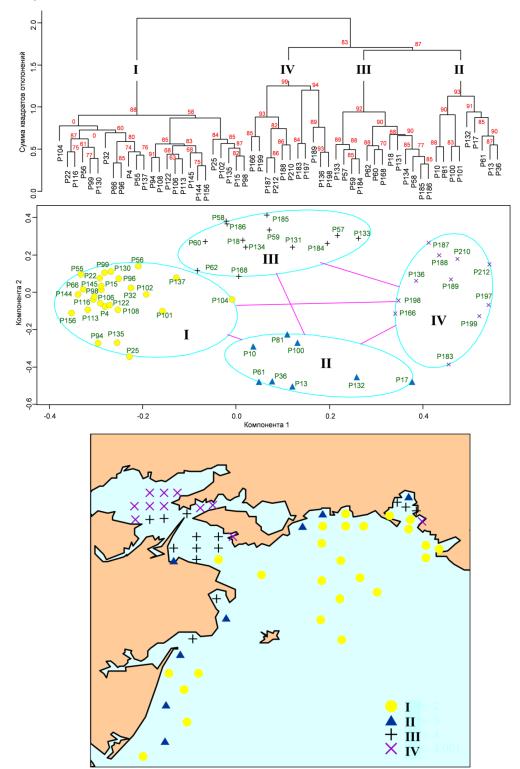


Рисунок 3.3 — Дендрограмма сходства станций по видовому составу макрозообентоса, полученная методом Варда (ward.D2) с использованием коэффициента сходства Брея-Кертиса на основе плотности видов макрозообентоса (преобразование — корень четвертой степени), группировка станций алгоритмом нечеткой классификации (компоненты 1 и 2 объясняют 19.8 % изменчивости) и распределение сообществ макрозообентоса на исследованной акватории зал. Посьета. В узлах дендрограммы приведены несмещенные оценки бутстреп-вероятностей, римские цифры — выделяемые сообщества; розовые линии соединяют групповые центроиды

Таблица 3.6 – Результаты процедуры *ANOSIM* (общая статистика R=0,713/0,670, p=0,000)

Сравниваемые	Статистика <i>R</i>	Уровень	Число возможных	Действительное	
группы	Статистика К	значимости, %	перестановок	число перестановок	
1–2	0,888/0,852	0,1	18156204	999	
1–3	0,629/0,595	0,1	Too many	999	
1–4	0,851/0,834	0,1	854992152	999	
2–3	0,762/0,677	0,1	203490	999	
2–4	0,609/0,574	0,1	75582	999	
3-4	0,508/0,341	0,1	2496144	999	

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы.

Таблица 3.7 – Результаты теста Мантеля для оценки статистической значимости связи обилия видов макрозообентоса с факторами среды и пространственным расположением (число перестановок – 999)

Спорушрови во мотруши и пустомий	Статистика	95-% доверительные	р (при
Сравниваемые матрицы дистанций	Мантеля <i>r</i>	интервалы <i>r</i>	рандомизации)
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\}$	0,376/0,365	$0,246 \div 0,505$	0,001
$\{$ Ооилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Факторы среды $\mathbf{E}\}$	0,370/0,303	$0,243 \div 0,487$	0,001
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Расположение в	0.158/0,164	$0,052 \div 0,264$	0,010/0,008
пространстве G}	0.136/0,104	$0,074 \div 0,254$	0,010/0,008
$\{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\} \sim \{$ Расположение в	0,248	0,150÷0,346	0,001
пространстве \mathbf{G} }	0,246	0,130 · 0,340	0,001
Связь между тремя матрицами S, E и G	0,352/0,339	$0,223 \div 0,481$	0,001
одновременно	0,334/0,339	0,213÷0,465	0,001

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы

Решающий вклад во внутригрупповое сходство станций группы I по плотности поселения вносит *O. sarsii*, а по биомассе – другая офиура *Amphiodia fissa* (таблица А.4). В группе II как по плотности, так и по биомассе лидирует *L. longifolia*, а второй по этим показателям идет двустворчатый моллюск *Mactra chinensis*, лишь немного уступая первому. В группе III по плотности первое место занимает все тот же *L. longifolia*, а по биомассе – *M. sarsi*, в группе IV абсолютным лидером по вкладам в обе характеристики обилия является бивалвия *Acila insignis*. Таким образом, выделенные агломерации следует рассматривать как сообщества *O. sarsii* + *A. fissa*, *L. longifolia* + *M. chinensis*, *L. longifolia* + *M. sarsi* и *A. insignis*. При этом воздействие фактора «кластер» статистически значимо для большинства общих параметров сообществ, маргинально – для индекса Пиелу (исключение – статистика Кларка) (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Количественные и структурные характеристики сообществ макрозообентоса на исследованной акватории

	1					
Параметр	O. sarsii +	L. longifolia +	L. longifolia +	A. insignis	В среднем	K- W
Параметр	A. fissa	M. chinensis	M. sarsi	A. insignis	в среднем	тест
D	<u>19±1</u>	<u>10±1</u>	<u>16±1</u>	<u>6±0,4</u>	15 1	0,000
K	13–33	5–13	7–24	3–9	15 <u>±</u> 1	0,000
A prep /2 e ²	1825±259	317±13	1196±147	219±35	1171 + 152	0.000
A, экз./м ²	396–5412	182–390	369–2522	36–549	1171 <u>±</u> 153	0,000

Продолжение таблицы 3.8

Параметр	O. sarsii +	L. longifolia +	L. longifolia +	A. insignis	В среднем	K-W
Параметр	A. fissa M. chinensis M. sarsi		M. sarsi	A. insignis	в среднем	тест
				815±394		0,041
$B, \Gamma/M^2$	$295 \pm 62,5$	110±36,8	<u>578±248</u>	1,6–6667	432 <u>±</u> 139	0,041
<i>D</i> , 17M	14,2–1339	4,1–537	5,2–3944	230±73*	319 <u>±</u> 85*	0,049*
				1,6–948*		0,049**
II' Symbore	3,06±0,09	$2,75\pm0,11$	$2,89\pm0,12$	1,91±0,11	2.76+0.00	0.000
H', бит/экз.	2,12-3,84	1,63–3,38	1,75–3,67	1,06–3,01	2,76 <u>±</u> 0,09	0,000
	0,723±0,023	0.837 ± 0.017	$0,745\pm0,020$	0,788±0,043	0.756+0.019	0,071
e	0,499–0,915	0,701–0,922	0,614–0,878	0,352-1,000	$0,756 \pm 0,018$	0,071
W	0,219±0,030	$0,346\pm0,028$	$0,205\pm0,032$	0,368±0,061	0,261±0,026	0.126
VV	-0,030-0,474	0,153-0,511	-0,070-0,494	-0,154-0,889	0,201 <u>±</u> 0,020	0,126
AMBI	$1,85\pm0,05$	1,40±0,30	$2,07\pm0,15$	$1,75\pm0,26$	1 92±0 09	0,108
AMDI	1,50–2,40	0,23-2,74	1,01–3,18	0,82-2,82	1,82 <u>±</u> 0,08	0,108
MAMDI	0,709±0,011	$0,627\pm0,028$	0,649±0,028	0,506±0,028	0.645+0.014	0.000
M-AMBI	0,608-0,851	0,538-0,713	0,454-0,792	0,383-0,670	$0,645\pm0,014$	0,000
ПЭС	8,5	11,1	8,6	17,2	11,4	_

^{*} Без M. yessoensis.

Примечание — В числителе — среднее значение \pm ошибка репрезентативности, в знаменателе — диапазон изменчивости, K-W — Крускала-Уоллеса: приведена вероятность справедливости H_0 : влияния фактора кластер не наблюдается.

Среди выделенных ассоциаций, сообщество I O. sarsii + A. fissa характеризуется самой высокой плотностью поселения и видовым разнообразием (таблица 3.8). Это богатое видами и разнообразное сообщество ($R=19\pm1$, $H'=3.06\pm0.09$) с умеренно выровненным распределением видов по рангам ($e=0.723\pm0.023$) и выраженным доминированием относительно крупных животных ($W=0,219\pm0,030$). Всего в нем отмечено 100 видов беспозвоночных; 14 из них были найдены на половине и более станций, при этом чаще всех встречались Praxillella sp. и титульные виды (96,2 и по 92,3 %) По плотности поселения лидировал M. sarsi (392 \pm 145 экз./м²), хотя O. sarsii по этому показателю был ему довольно близок (328 ± 53 экз./м²), а *A. fissa* замыкал первую пятерку видов (141 ± 27 экз./м²). Наибольшую среднюю биомассу имел сердцевидный морской еж Echinocardium cordatum $(58,5\pm32,2 \text{ г/м}^2, \text{ встречаемость} - 19,2 \%), а A. fissa и O. sarsii занимали соответственно$ третье и четвертое место в этом списке $(37.0\pm10.0 \text{ и } 23.0\pm4.6 \text{ г/м}^2)$. Из видов – позитивных индикаторов загрязнения единично отмечены полихеты Capitella capitata (3,8 %) и довольно часто встречающийся A. pacifica (50,0 %, 31 ± 8 экз./м², 0,24±0,17 г/м²), создающий заметные скопления на станциях P101 и P130 (>230 экз./м²). Экологический статус донного населения изменяется от хорошего до высокого. Плотности и биомассы отдельных видов лишь изредка сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия (соответственно в 11 и шести случаях, $\Pi \ni C - 8.5 \%$).

Сообщество II L. longifolia + M. chinensis характеризуется меньшими, чем у предыдущей группировки средними величинами числа видов, плотности поселения, биомассы, индексов Шеннона-Винера, *АМВІ* и *М-АМВІ* и, в тоже время, более высокими – статистики Кларка и индекса Пиелу (таблица 3.8). Это умеренно богатая видами, но разнообразная группировка ($R=10\pm1$, $H'=2,75\pm0,11$) с выровненным ранговым распределением видов ($e=0.837\pm0.017$), в которой преобладают относительно крупные животные (W=0,346 \pm 0,028). Всего в ассоциации найдено 45 видов (6 из них – на половине и более станций), среди которых чаще других встречались титульные виды (соответственно 75 и 62,5 %). По плотности доминировал S. armiger, L. longifolia занимал второе место, а M. chinensis замыкал пятерку $(43,5\pm23,2,\ 21,6\pm8,8\ и\ 16,9\pm7,2\ экз./м^2)$. По биомассе, как и в группировке I, лидировал E. cordatum, за ним следовал плоский морской еж Scaphechinus griseus (44,5 \pm 47,6 и 23,1 \pm 24,7 г/м², встречаемость – 12,5 %у обоих), а M. chinensis и L. longifolia располагались лишь на седьмом и девятом местах $(1,5\pm1,2)$ и $0.9\pm0.4~\text{г/m}^2$). Позитивные индикаторы загрязнения и эвтрофикации отсутствовали. Статус бентоса – хороший во всех точках опробования. Плотности и биомассы отдельных видов сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в трех и семи случаях (ПЭС – 11,1 %).

В группировке III L. longifolia + M. sarsi обнаружено 59 видов, причем титульные виды встречались чаще всех остальных (100 и 92,3 %); еще 10 представителей донной фауны были встречены на более чем половине станций. По плотности поселения, числу видов, индексу Шеннона-Винера это сообщество уступает O. sarsii + A. fissa, занимая второе место среди выделенных ассоциаций, и имеет примерно равные группировке I, учитывая изменчивость, значения индекса Пиелу и статистики Кларка (таблица 3.8). Это богатая и разнообразная группировка ($R=16\pm1, H'=2,89\pm0,11$) с умеренно выровненным ранговым распределением видов ($e=0.745\pm0.020$), в которой преобладают также относительно крупные животные ($W=0.205\pm0.032$). По плотности в ней с большим отрывом лидируют L. longifolia и M. sarsi (286 \pm 118 и 155 \pm 51 экз./м²), по биомассе – редкие (7,7 %) приморский гребешок Mizuhopecten yessoensis и морская звезда Asterias amurensis. Следует отметить, что относительно высокую биомассу этого сообщества дают, главным образом, именно эти два вида беспозвоночных: вклад первого составил 3,3 кг/м², второго – 2,6 кг/м 2 (станции P168 и P186). M. sarsi стоит по этому показателю стоит лишь шестом месте, L. longifolia – на 11-ом (10.1 ± 3.7 и 1.6 ± 0.7 г/м²). Позитивные индикаторы загрязнения и эвтрофикации представлены единичными полихетами Schistomeringos japonica и вездесущим А. pacifica (встречаемость, соответственно, 15,4 и 30,8 %) с незначительным вкладом в общую плотность и биомассу. Экологический статус бентоса изменяется от умеренного до высокого. Плотности и биомассы отдельных видов сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в пяти и семи случаях (ПЭС – 10,3 %).

И, наконец, сообщество IV A. insignis. Оно характеризуется наименьшими среди изученных группировок средним числом видов на станции, плотностью и величиной индекса Шенона-Винера, но наибольшими биомассой и статистикой Кларка (таблица 3.8). Подобно ассоциации III, высокая биомасса обусловлена найденным на станции P166 приморским гребешком, давшем 6,5 кг/м². Это умеренно богатая и разнообразная группировка ($R=6\pm0,4$, $H'=1,91\pm0,11$) с выровненным распределением видов по рангам $(e=0.788\pm0.043)$, в которой, как и во всех остальных сообществах, найденных в районе работ, преобладают относительно крупные животные ($W=0.368\pm0.061$). Всего в ней найдено 29 видов макрозообентоса, и только два из них перешагнули 50 % уровень встречаемости – сам A. insignis и S. armiger (63,6 и 54,5 %). По плотности поселения лидирует двустворчатый моллюск Musculista senhousia, а A. insignis идет третьим, несколько уступая еще и другой бивалвии $Arca\ boucardi\ (74\pm52,\ 24\pm16\ и\ 21\pm9\ экз./м^2).$ Абсолютным доминантом по биомассе является, естественно, M. yessoensis ($591\pm620 \text{ г/м}^2$), титульный вид – лишь четвертый, пропуская вперед A. boucardi и A. pectinifera (соответственно $18,5\pm8,2$, 158 ± 111 и $20,7\pm14,6$ г/м²). Виды – позитивные индикаторы загрязнения не найдены. Экологический статус донного населения варьирует от обедненного до хорошего. Существенная положительная связь плотностей отдельных видов с общей численностью отмечена у 4 животных, индивидуальных биомасс – у 6 (ПЭС -20.7).

Как и в заливе Стрелок и бухте Рифовой, количество определяемых параметров среды было ограничено глубиной и концентрациями загрязняющих веществ; гранулометрический состав не исследовали, ограничиваясь визуальной характеристикой – ил, заиленный песок, мелкозернистый песок и т.п. Результаты дисперсионного анализа суммированы в таблице 3.9: статистически значимыми оказались сама модель в целом, включение в нее глубины, параметра, характеризующего уровень химического загрязнения осадков – *TPF* и степени «незаиленности» грунта, а также две из трех осей ССА.

Таблица 3.9 – Результаты ССА для биомассы донных животных: дисперсионный анализ (ANOVA) для полных моделей, моделей с сокращенным числом параметров и статистическая оценка их термов по отдельности, влияние краевых эффектов и значимость осей (число перестановок – 999)

Параметр	Df	χ^2	F	Pr(> <i>F</i>)		
Общая модель: Корень 4 степени из плотности поселения $\sim \Gamma$ лубина $+TPF+Gr$						
Модель	3	0,664	1,666	0,001		
Остатки	54	7,171				

Продолжение таблицы 3.9

Параметр	Df	χ^2	F	Pr(> <i>F</i>)			
Последовательное включение (тип I)							
Глубина	1	0,249	1,873	0,001			
TPF	1	0,219	1,648	0,001			
Gr	1	0,196	1,478	0,025			
Остатки	54	7,171					
	Кр	аевые эффекты (тип	III)				
Глубина	1	0,248	1,867	0,001			
TPF	1	0.175	1.316	0,077			
Gr	1	0.196	1.478	0,031			
Остатки	54	7,171					
	Оси						
CCA1	1	0,260	1.957	0,001			
CCA2	1	0,250	1.884	0,012			
CCA3	1	0,154	1,157	0,199			
Остатки	54	7,171					

Примечание — χ^2 — критерий согласия хи-квадрат; F — расчетная величина критерия Фишера; Pr — вероятность справедливости H_0 о статистической незначимости модели или включении в нее переменных; CCA1-5 — шкалы (размерности), полученные при помощи канонического анализа соответствий (CCA), PoF — уровень химического загрязнения осадков, Gr — степень «незаиленности».

Состояние морской среды в местах обитания выделенных сообществ изменяется от интактного до легко поврежденного. Группировка І *О. sarsii* + *А. fissa* заселяет открытую часть этой акватории и явно приурочена к относительно большим глубинам: 19 из 27 станций располагались на глубинах более 20 м, и лишь одна (*P130*) – на глубине менее 10 м (таблица 3.10). При этом, судя по степени принадлежности, эта станция тяготеет к сообществу ІІІ *L. longifolia* + *M. sarsi* (рисунок 3.4, таблица А.3). Грунт – главным образом заиленный песок (18 станций). Ассоциация *L. longifolia* + *M. sarsi*, по своим предпочтениям, ей совершенно противоположна – она приурочена к чистым мелким пескам и глубинам до 18 метров. Примерно в этом же диапазоне глубин сосредоточены и сообщества ІІ *L. longifolia* + *M. sarsi* и ІV *A. insignis*, однако первое наблюдалось как на заиленных песках, так и на илах, а второе – исключительно на илистых осадках наиболее закрытых участков района работ.

Таблица 3.10 – Параметры среды и сообщества макрозообентоса

Сообщество	Глубина, м	<i>TPF</i> , усл. ед.	Грунт
I. O. sarsii + A. fissa	28 (6–42)	1,5 (1,0–2,0)	Заиленный песок
II. L. longifolia + M. chinensis	11 (5–18)	1,3 (1,0–2,3)	Чистый песок
III. L. longifolia + M. sarsi	12 (7–22)	1,7 (1,3–2,3)	Заиленный песок, ил
IV. A. insignis	7 (5–16)	2,1 (1,5–2,5)	Ил

Примечание — Для каждого параметра среды приведено среднее значение и диапазон изменений (в скобках).

Уровень загрязнения донных отложений на всей исследованной акватории невелик (везде заметно ниже первого критического уровня), но явно участвует в дифференциации выделенных группировок, по крайней мере, с позиций статистики (рисунок 3.4, таблица 3.10). Скорее всего, его значимость объясняется в коррелированности *TPF* и других, но природных факторов, например, содержания органического углерода. Поэтому, в исследованном районе залива Посьета и прилегающей акватории дифференциация сообществ макрозообентоса обусловлена действием, главным образом, естественных факторов – глубины, типом грунта, содержанием органики. Следовательно, данный район в 1993 г. являлся почти интактной областью залива Петра Великого.

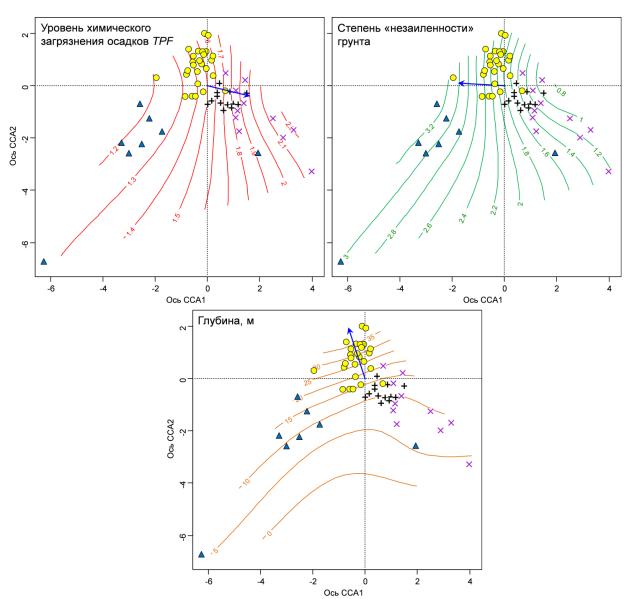


Рисунок 3.4 — Ординация станций методом ССА (биомасса) и результаты подгонки поверхностей для факторов среды

Итак, на изученных акваториях залива Посьета и прилегающем участке к северу от устья реки Туманной обнаружены четыре сообщества макрозообентоса — O. sarsii + A. fissa, L. longifolia + M. chinensis, L. longifolia + M. sarsi и A. insignis. Первые три из них

были довольно богаты видами и разнообразны, имели сравнительно высокие характеристики обилия, умеренный, хороший и даже высокий экологический статус (кроме второго), причем во всех них, как, впрочем, и в четвертом, преобладали относительно крупные животные. Четвертое сообщество – заметно беднее видами, менее разнообразно с позиций теории информации и имеет более низкий экологический статус. Дифференциация указанных сообществ происходит вдоль градиентов естественных факторов среды – глубины, состава донных отложений и т.п. Необходимо отметить, что на основе использования стандартных процедур и методов до сих пор не удавалось получить приемлемого решения относительно структуры донного населения: множество станций оказывались нерасклассифицированными, на разных уровнях агломерировались по 2-4 станции и т.п. (всего было выделено девять сообществ). Лишь применение алгоритма привело к разработанного нами адекватному результату, подтвержденному с позиций статистики.

3.3 Акватория к северу от устья реки Туманной

На исследуемой акватории обнаружено 203 вида донных беспозвоночных, относящихся к 24 таксономическим группам. По числу видов преобладали многощетинковые черви, далее следовали амфиподы и двустворчатые моллюски (соответственно 77, 41 и 31 вид; 38, 20 и 15 % от общего числа найденных видов). Брюхоногие моллюски были представлены 14 видами, немертины — 11 (7 и 5 %), остальные группы включали по 1-3 вида. Двустворчатые моллюски, полихеты, офиуры и немертины характеризовались 100-% частотой встречаемости. По биомассе доминировали многощетинковые черви, морские ежи, двустворчатые моллюски и змеехвостки, по плотности поселения — Polychaeta, Amphipoda и Ophiuroidea. На более чем половине станций были найдены экземпляры довольно редких беспозвоночных, относящихся к классу Caudofoveata (Mollusca), видовая принадлежность которых не выяснена.

Среди найденных видов чаще других встречалась G. maculata (91,7 % станций), почти такой же была встречаемость A. fissa и S. armiger. Еще 11 видов животных было обнаружено на более чем половине станций. Среди них преобладали многощетинковые черви — восемь видов, по одному — были представлены кумовые раки, офиуры и брюхоногие моллюски. Самой многочисленной была полихета $Dipolydora\ cardalia\ (446\pm250\ экз./м^2$, вклад в общую численность — 20 %, встречаемость — 33,3 %), далее с заметным отставанием следовали бокоплав $Ampelisca\ macrocephala\$ и M. $sarsi\$ (соответственно 287 ± 207 и 269 ± 162 экз./м², доля — 12,9 и 12, 1 %, встречаемость 37,5 и 54,2 %). И еще у двух видов плотность поселения превышала $100\ экз./м^2$. Это O. sarsii и

амфипода *Caprella* sp. (189 \pm 81 и 121 \pm 47, 8,5 и 5,4 %, 75 и 41,7 %). По вкладу в общую биомассу с большим отрывом лидировал *E. cordatum* (46,5 \pm 16,7 г/м², доля в общей биомассе – 27,7 %, встречаемость – 45,8 %), следующие за ним довольно редкий в наших сборах двустворчатый моллюск *Mercenaria stimpsoni* (встречаемость 12,5 %) и *O. sarsii* заметно отставали по этому показателю (15,0 \pm 12,9 и 13,2 \pm 6,3 г/м², доля – 8,8 и 7,8 %). Биомасса остальных видов макрозообентоса была менее 10 г/м² (<6 %).

По плотности поселения и биомассе найденных видов макрозообентоса обследованные станции могут быть объединены в 4 группы, имеющие среднее внутригрупповое сходство 28,9–50,9 % (рисунок 3.5):

- I. Станции прибрежной и центральной области района работ, а также станция в бухте Западная у о-ва Фуругельма (T1, 5, 6, 7, 10, 11, 13, 20 и 23);
- II. Станции, приуроченные к донной депрессии между материком и о-вом Фуругельма (*T12*, *17*, *18*, *19*);
- III. Отдельные станции в центре акватории, у южного берега о-ва Фуругельма и в проливе между материком и камнями Михельсона (*T8*, *16*, *26*);
- IV. Станции, располагавшиеся по внешнему краю исследованной акватории (T2, 3, 4, 9, 14, 15, 24, 25).

Выделение четырех групп станций подтверждается результатами процедуры ANOSIM и теста Мантеля (таблица 3.11, 3.12). Как и на двух предыдущих акваториях, определяющее и значимое влияние на обилие видов макрозообентоса оказывает сумма факторов среды и, следовательно, их агломерация (видов и станций, по обилию первых) обусловлена экологически (таблица 3.7). Таким образом, выделенные группировки I–IV, в соответствии с определением, являются сообществами. На обособление этих ассоциаций значимое влияние оказывает и пространственная локализация, но, как и в заливе Посьета, в гораздо меньшей степени, чем на акватории залива Стрелок и бухты Рифовой. При этом сообщества четко разграничены: лишь станция *Т13* характеризуется повышенной «общностью» со вторым кластером, что, без вычислений, можно увидеть просто из ее пространственной локализации (рисунок 3.5; таблица А.5).

Таблица 3.11 – Результаты процедуры *ANOSIM* (общая статистика R=0,722 и 0,611, p=0,000)

Сравниваемые	Статистика <i>R</i>	Уровень	Число возможных	Действительное		
группы	Статистика К	значимости, %	перестановок	число перестановок		
1–2	0,504/0,364	0,9/5,0	220	220		
1–3	0,816/0,749	0,1/0,1	715	715		
1–4	0,738/0,626	0,1/0,1	24310	24310		
2–3	0,926/0,852	2,9/2,9	35	35		
2–4	0,737/0,707	0,6/0,6	165	165		
3–4	0,676/0,476	0,2/1,4	495	495		

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы

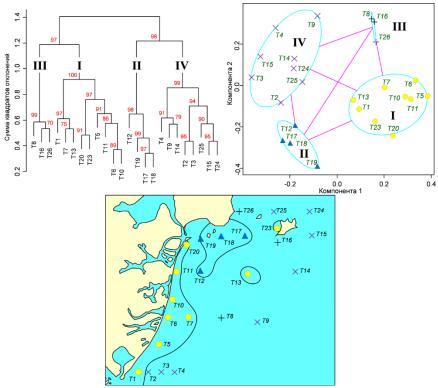


Рисунок 3.5 — Дендрограмма сходства станций по видовому составу макрозообентоса, полученная методом Варда (ward.D2) с использованием коэффициента сходства Брея-Кертиса на основе плотности донных животных (преобразование — корень четвертой степени), группировка станций алгоритмом нечеткой классификации (компоненты 1 и 2 объясняют 31,7 % изменчивости) и распределение сообществ на исследованной акватории. В узлах дендрограммы приведены несмещенные оценки бутстреп-вероятностей (красным цветом). Римские цифры — выделяемые сообщества; розовые линии соединяют групповые центроиды

Таблица 3.12 — Результаты теста Мантеля для оценки статистической значимости связи обилия видов макрозообентоса с факторами среды и пространственным расположением (число перестановок — 999)

Сравниваемые матрицы дистанций	Статистика	95-% доверительные	р (при	
Сравниваемые матрицы дистанции	Мантеля r	интервалы r	рандомизации)	
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Факторы среды $\mathbf{E}\}$	0.334/0.434	$0.153 \div 0,487$	0,001	
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Факторы среды $\mathbf{E}\}$	0.554/0.454	0,287÷0,581	0,001	
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Расположение в	0.152/0.197	$0.125 \div 0.278$	0.026/0.006	
пространстве \mathbf{G} }	0.153/0,187	0,116÷0,258	0.026/0,006	
$\{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\} \sim \{$ Расположение в	0,260	0,133÷0,393	0,002	
пространстве G}	0,200	0,133 : 0,393	0,002	
Связь между тремя матрицами S, E и G	0,308/0,406	$0,146 \div 0,454$	0,002/0,001	
одновременно	0,306/0,400	$0,281 \div 0,551$	0,002/0,001	

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы

Основной вклад во внутригрупповое сходство станций группы I по плотности поселения вносит $L.\ longifolia$, а по биомассе $-E.\ cordatum$ (таблица A.6). В кластере II и по плотности, и по биомассе первое место занимает $D.\ cardalia$, однако $M.\ sarsi$ и $O.\ sarsii$ лишь немного отстают от него по обоим показателям обилия. В группе III по плотности лидирует полихета $Spiophanes\ bombyx$, а по биомассе все тот же сердцевидный морской еж. Более сложная ситуация с определением титульных видов наблюдается в группе IV:

здесь нет таких выраженных лидеров как в других агломерациях. По вкладам во внутригрупповое сходство по плотности первое место занимает амфипода Caprella sp., за ней с небольшим отставанием следует A. macrocephala, далее, но еще с меньшим отрывом - кумовый рак Diastylis sp., G. maculata и S. armiger. По вкладам биомассы с разрывом в доли процента виды расположились в следующем порядке: G. maculata, A. fissa, S. armiger, A. macrocephala и еще одна полихета Phyllodoce groenlandica. В то же время A. macrocephala имеет 100-% встречаемость, является абсолютным доминантом по плотности поселения, а по биомассе – занимает третье место, уступая только относительно редким двустворчатому моллюску Tridonta borealis и полихете Glycera sp. (см. далее). Кроме того, чисто субъективно, россыпь из десятков и сотен довольно крупных амфипод в промывочном станке при первичной обработке (промывке) проб на борту судна производят неизгладимое впечатление. Таким образом, выделенные группировки следует рассматривать как сообщества L. longifolia + E. cordatum, S. bombyx + E. cordatum, D. cardalia + M. sarsi + O. sarsii и А. macrocephala. Воздействие фактора «кластер» статистически значимо почти для всех общих параметров, исключение – биомасса (таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Количественные характеристики сообществ макрозообентоса, найденных на акватории к северу от устья реки Туманной в 1996 г.

Параметр	I. L. longifolia + E. cordatum	II. D. cardalia + M. sarsi + O. sarsii	III. S. bombyx + E. cordatum	IV. A. macrocephala	В среднем	K-W TecT
D	<u>26±1</u> 40±2		<u>32±1</u>	<u>44±1</u>	25.12	0.002
R	17–38	28–50	30–37	38–54	35±2	0,003
A, экз./м ²	530±36	6582±394	741±49	2518±331	2228±510	0,002
А, ЭКЗ./М	241–743	4392-8300	531–997	1026–5883	2220±310	0,002
В, г/м ²	139,0±25,7	308,9±25,7	190,8±31,3	124,7±30,0	169,0±29,5	0,218
B, 17M	19,3–351,4	229,9–491,4	22,4–310,2	14,5–440,9	109,0±29,3	0,218
H',	1,56±0,18	$3,23\pm0,13$	2,10±0,16	$3,37\pm0,16$	2,51±0,24	0,008
бит/экз.	0,60-3,11	2,58-4,03	1,38–2,88	2,02-4,32	2,31±0,24	0,008
	$0,339\pm0,041$	$0,613\pm0,019$	0,419±0,032	$0,620\pm0,030$	0,489±0,042	0,032
e	0,131–0,681	0,533-0,717	0,281–0,587	0,386-0,787	0,469±0,042	0,032
W	$0,247\pm0,017$	<u>-0,046±0,014</u>	0,202±0,027	0.033 ± 0.021	0,122±0,031	0,002
VV	0,109-0,384	-0,123-0,037	0,074-0,331	-0,118-0,231	0,122±0,031	0,002
AMBI	1,54±0,07	$2,97\pm0,24$	1,23±0,27	1,30±0,25	1,66±0,15	0.015
AMDI	1,11–1,77	2,63–3,56	0,80–1,56	0,36–1,99	1,00±0,13	0,015
M-AMBI	0,663±0,039	$0,539\pm0,050$	0,661±0,047	0,718±0,019	0,660±0,021	0,033
WI-AWIDI	0,543-0,916	0,428-0,635	0,607-0,736	0,629–0,778	0,000±0,021	0,033
ПЭС	11,3	13,8	_	11,5	9,3	-

Примечание — В числителе — среднее значение и ошибка репрезентативности, в знаменателе — пределы изменчивости, K-W — Крускала-Уоллиса.

В сообществе I L. longifolia + E. cordatum два вида макрозообентоса – полихета G.

maculata и кумовый рак Diastylis sp. – показали 100-% встречаемость на фоне весьма низких значений остальных количественных показателей. По плотности поселения лидировал L. longifolia, найденный на 8 из 9 станций $(151\pm59 \text{ экз./м}^2, \text{ доля в общей})$ плотности -28,3 %; у следующего за ним S. bombyx этот показатель составлял всего 5,8%), но имеющий довольно скромную биомассу. По биомассе доминировал *E. cordatum* $(68,8\pm38,2 \text{ г/м}^2, 49,5 \%,$ следующий вид *M. stimpsoni* -23,9 %), обнаруженный всего на 6 станциях (55,6 %). Данное сообщество характеризуется наименьшими среди остальных группировок средними величинами числа видов, плотности поселения, индексов Шеннона-Винера и Пиелу (таблица 3.13). Это очень богатое видами, но бедное в информационном отношении сообщество ($R=26\pm1$, $H'=1,56\pm0,18$) с плохо выровненным распределением видов по рангам ($e=0.339\pm0.041$) и выраженном доминировании относительно крупных животных ($W=0.247\pm0.017$). Всего в нем найдено 94 вида макрозообентоса, два из них – полихеты Chaetozone setosa и D. cardalia – являются позитивными индикаторами загрязнения и эвтрофикации, встречались довольно часто, но не имели высоких показателей обилия. Экологический статус бентоса изменяется от хорошего до высокого. Плотности и биомассы отдельных видов были слабо связаны с общей численностью и биомассой: для плотности такая связь обнаружена лишь у семи видов, для биомассы – y 14 (ПЭС – 11,3 %).

В ассоциации II D. cardalia + M. sarsi + O. sarsii сразу 8 видов — полихеты D. cardalia, M. sarsi, S. armiger, Sch. japonica и G. maculata, брюхоногий моллюск Philine sp., офиуры A. fissa и O. sarsii были встречены на всех станциях. Однако только D. cardalia, M. sarsi и O. sarsii характеризовались высокими количественными показателями. D. cardalia была абсолютным лидером по плотности поселения (2672±1010 экз./м², доля в общей плотности – 40,6 %), за ней следовали M. sarsi и O. sarsii (1581 \pm 793 и 887 \pm 325 экз./м², 24 и 13,5 %); роль остальных видов – менее 2,7 %. При этом M. sarsi и O. sarsii вносили примерно равный вклад в общую биомассу (55,7 \pm 46,6 и 53,4 \pm 33,3 г/м², 18 и 17,3 %), а D. cardalia по этому параметру несколько отставала (43,9 \pm 10,1 г/м 2 и 14,2 %). Заметную долю в общей биомассе имел и P. groenlandica (11,6 %, встречаемость – 75 %); доля остальных видов была <6,2 %. По всем количественным показателям, кроме Wстатистики, это сообщество заметно превосходит группировку, рассмотренную выше, причем по плотности поселения и биомассе оно занимает первое место среди всех выделенных ассоциаций донных животных (таблица 3.13). Это очень богатое видами и разнообразное сообщество $(R=40\pm 2,$ $H'=3,23\pm0,13$) умеренно выровненным распределением рангам $(e=0,613\pm0,019)$. Статистика Кларка видов ПО отрицательное значение (-0,046±0,014), что говорит о преобладании в нем мелких животных. Всего в нем обнаружено 87 видов макрозообентоса, причем три из них — сам D. cardalia, а также Sch. japonica, C. setosa — позитивные индикаторы загрязнения и эвтрофикации. Экологический статус донного населения варьирует от умеренного до хорошего. Плотности и биомассы отдельных видов сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в двух и 22 случаях (ПЭС — 13.8~%).

В группировке III S. bombyx + E. cordatum 100-% встречаемость имели 5 видов животных — полихеты Onuphis iridescens, S. bombyx, не определенный до вида представитель семейства спионид, не идентифицированная немертина, амфипода Pontharpinia longirostris и гастропода Derjuginella (Pyrgolampros) rufofasciata. Как и в первом сообществе, у всех этих «частых» видов остальные количественные показатели были низкими. По плотности доминировал O. sarsii, найденный на 2 из 3 станций этого кластера $(184\pm143\ \text{экз./m}^2,\ \text{встречаемость}\ 66,7\ \%,\ доля\ в общей плотности <math>-24,8\ \%;\ y$ следующей за ней амфиподы Pontogeneia sp. -12.9%), но имеющий низкую биомассу. По биомассе преобладал E. cordatum ($108\pm68 \text{ г/м}^2$, 56,4%, следующая за ним неопределенная до вида кукумария – 16,5 %), также обнаруженный на 2 станциях. По плотности поселения, биомассе, числу видов и значениям индексов H и e эта группировка несколько превосходит сообщество L. longifolia + E. cordatum (таблица 3.13). Она обладает немного меньшими, но довольно высокими, значениями статистики Кларка ($W=0.202\pm0.027$), что, как и у ассоциации L. longifolia + E. cordatum, свидетельствует о преобладании здесь относительно крупных организмов. Это очень богатое видами, но умеренно разнообразное сообщество ($R=32\pm1$, $H'=2,10\pm0,16$) с плохо выровненным распределением видов по рангам ($e=0,419\pm0,032$). Всего в нем отмечено 68 видов макрозообентоса; два из них – Capitella capitata и A. pacifica – положительные индикаторы загрязнения присутствовали на одной из трех станций, не внося существенного вклада в общие характеристики обилия. Экологический статус бентоса – хороший во всех точках опробования; определение ПЭС бессмысленно (всего три станции).

В группировке IV *A. macrocephala* отмечено два вида со 100-% встречаемостью – *A. macrocephala* и *S. armiger*, причем первый является абсолютным доминантом по плотности поселения (859 \pm 620 экз./м², доля – 34,1 %), а количественные характеристики второго – невелики. По биомассе лидирует редкий на данной акватории *T. borealis* (10,2 \pm 10,9 г/м², 8,2 % от общей биомассы, встречаемость 12,5 %), а *A. macrocephala* занимает третье место (9,2 \pm 7,2 г/м², 7,4 %), несколько уступая еще и *Glycera sp.* (9,8 \pm 10,0 г/м² и 7,8 %, встречаемость – 37,5 %). Еще несколько видов – *A. fissa*, *E. cordatum*, *O. sarsii* – вносят относительно высокий вклад в формирование общей биомассы

(6,4-6,7 %). Среди остальных ассоциаций это сообщество лидирует по среднему числу видов, занимает второе место по плотности поселения и последнее – по биомассе (таблица 3.13). Это очень богатое видами и разнообразное сообщество (R=44±1, H'=3,23±0,13) с умеренно выровненным распределением видов по рангам ($e=0.613\pm0.019$). Среднее значение W-статистики близко к нулю (0.033 ± 0.021) , что свидетельствует примерно о равном соотношении относительно мелких и крупных животных. Всего в нем обнаружено 140 видов макрозообентоса, три из которых – A. pacifica, C. setosa и Nereis sp. – позитивные индикаторы загрязнения, причем первый встречался довольно часто (62,5 %), хотя ни один из них и не вносил существенного вклада в показатели обилия сообщества. Экологический макрозообентоса изменяется от хорошего статус до высокого. Существенная положительная связь плотностей отдельных видов с общей численностью отмечена у 13 животных, индивидуальных биомасс — у 19 (Π ЭС — 11,5).

Количество характеристик среды в каждой точке опробования на данной акватории включало 44 параметра (стандартные гидрологические показатели и биогены, фракционный и химический состав донных отложений). После применения факторной процедуры (по отдельности к параметрам водной толщи, гранулометрическим фракциям и загрязняющим веществам), а также вычисления общих показателей, таких как ТРГ, MEAN, ENTR и т.п., их число сократилось до 27, но все равно превышало число станций, что не позволяло применить пошаговую процедуру выделения императивных факторов. Поэтому, было выполнена дальнейшая редукция их числа на основе статистической значимости включения переменных в структуру осей ССА (см. раздел 2, команда 2.49; результаты не приводятся). Такой подход позволил ограничиться всего 11 показателями, что дало возможность применить пошаговое построение общей модели. Наименьшая величина АІС оказалась у уравнения, включающего всего два параметра – глубину и средний размер зерен осадка; после анализа диаграммы рассеяния с векторами 11 факторов, в нее было добавлено содержание органического углерода (самый длинный вектор после глубины). Далее такая последовательность операций, при необходимости, применяется во всех следующих разделов. Результаты дисперсионного анализа суммированы в таблице 3.14: статистически значимыми оказались сама модель в целом, включение в нее перечисленных переменных и три оси ССА.

Сообщество I *L. longifolia* + *E. cordatum* приурочено к интактным и легко нарушенным биотопам, относительно мелководной области исследованной акватории, хорошо прогреваемой в летний период, и явно тяготеет к чистым мелкозернистым пескам

^{*}Ее подробное описание и результаты применения на данной акватории см. А.В. Мощенко с соавторами [44, 45, 59].

с низким содержанием алевропелитов (рисунок 3.6, таблица 3.15). Ассоциация II D. cardalia + M. sarsi + O. sarsii была довольно жестко привязано к весьма специфической области района работ, где состояние среды варьировало от слегка до умеренно поврежденного — донной впадине между материком и о-вом Фуругельма. Глубины здесь составляли 21-35, а грунты были исключительно илистые с высоким содержанием органики. Сообщество III S. bombyx + E. cordatum располагалась на глубинах 20-28 м, в двух случаях на смешанных крупных и средних песках со значительной примесью гравийных фракций (станции 8 и 16) и в одном — на среднезернистых песках с заметной «добавкой» крупных псаммитов на фоне низкого содержания органического углерода. Группировка IV А. macrocephala тяготела к заиленным песчаным осадкам, но при совсем иных гидрологических условиях, главным образом, на глубинах более 50 м. Во всех случаях общий уровень загрязнения осадков был низок, и не превышал 2 ед. TPF. Как и для ассоциации L. longifolia + E. cordatum, состояние мест обитания сообществ S. bombyх + E. cordatum и A. macrocephala было либо ненарушенным, либо несло признаки слабого повреждения.

Таблица 3.14 — Результаты ССА для плотности донных животных: дисперсионный анализ (ANOVA) для полных моделей, моделей с сокращенным числом параметров и статистическая оценка их термов по отдельности, влияние краевых эффектов и значимость осей (число перестановок — 999)

Параметр	Df	χ^2	F	Pr(> <i>F</i>)				
Общая модель	Общая модель: Корень 4 степени из плотности поселения $\sim \Gamma$ лубина + $MEAN + C_{opr.}$							
Модель	3	0,918	2,072 0,001					
Остатки	20	2,956						
	Последов	вательное включен	ие (тип I)					
Глубина	1	0,375	2,538	0,001				
MEAN	1	0,301	2,039	0,002				
C_{opz} .	1	0,241	1,637	0,001				
Остатки	20	2,956						
	Кра	евые эффекты (тиг	ı III)					
Глубина	1	0,368	2,489	0,001				
MEAN	1	0.247	1,674	0,008				
C_{opz} .	1	0.242	1,637	0,003				
Остатки	20	2,956						
Оси								
CCA1	1	0,380	2,569	0,001				
CCA2	1	0,316	2,137	0,001				
CCA3	1	0,223	1,506	0,004				
Остатки	20	2,956						

Примечание — χ^2 — критерий согласия хи-квадрат; F — расчетная величина критерия Фишера; Pr — вероятность справедливости H_0 о статистической незначимости модели или включении в нее переменных; CCA1-5 — шкалы (размерности), полученные при помощи канонического анализа соответствий (CCA), MEAN — средний размер зерен осадка.

Таблица 3.15 – Параметры среды и сообщества макрозообентоса

Сообщество	Глубина,	Содержание частиц <0,1	Содержание	ТРГ, усл.	Преобладающий тип донных
	M	MM, %	$C_{opr.}$, $M\Gamma/\Gamma$	ед.	отложений*
I. L. longifolia + E. cordatum	14	6,3	3,9	1,3	Мелкие пески
1. L. tongijotta L. coraatum	(7-26)	(0,7-21,7)	(0,4-12,0)	(1,0-2,0)	(0,22)
II. D . $cardalia + M$. $sarsi + O$.	29	52,4	15,5	1,8	Алевриты
sarsii	(21–35)	(39,7–69,8)	(10,2-22,5)	(1,5-2,0)	пелитовые
	(====)	(0,1,0,0)	(,,-)	(-,,-)	(0,11)
III. S. $bombyx + E. cordatum$	25	0,5	0,7	1,4	Пески гравийные
III. S. bombyx L. coradium	(20-28)	(0,4-0,8)	(0,5-1,1)	(1,3-1,5)	(0,53)
	51	21,3	4,2	1,6	Пески
IV. A. macrocephala	(26–67)	(12,2-44,2)	(0,7-10,5)	(1,3–2,0)	алевритовые
	(20-07)	(12,2-44,2)	(0,7-10,3)	(1,3-2,0)	(0,19)

^{*} В скобках для типа осадков приведен средний размер зерен (мм).

Примечание — Для каждого параметра среды приведено среднее значение и диапазон изменений (в скобках).

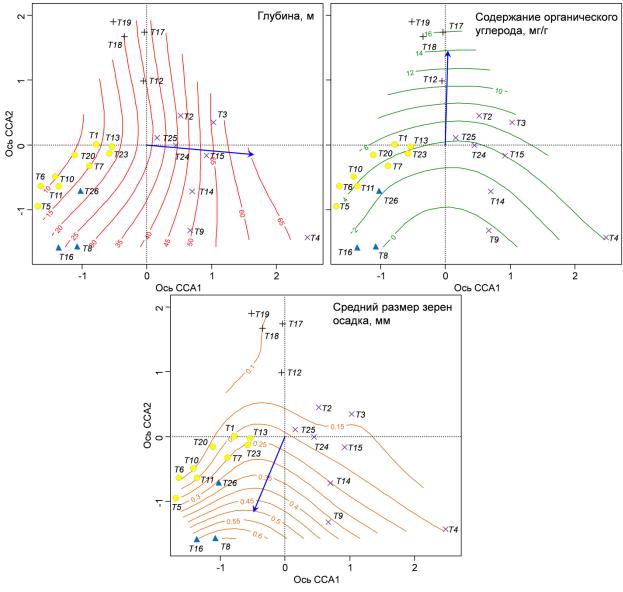


Рисунок 3.6 – Ординация станций методом ССА (плотность) и результаты подгонки поверхностей для факторов среды

В итоге, на исследованной акватории к северу от устья реки Туманной обнаружены четыре сообщества макрозообентоса — $L.\ longifolia + E.\ cordatum, A.\ macrocephala, S.\ bombyx$ + E. cordatum и D. cardalia + M. sarsi + O. sarsii. Для всех них характерно высокое видовое богатство и, главным образом, хороший и высокий экологический статус, хотя местообитание последней группировки было повреждено несколько сильнее, чем у других ассоциаций. В то же время выделенные сообщества отличаются в информационных показателях разнообразия и по параметрам обилия донной фауны. При этом большие значения различных параметров наблюдались как вблизи устья реки Туманной, так и на удаленных от него станциях, что говорит об отсутствии существенного антропогенного воздействия, по крайней мере, в теперь уже далеком 1996 году. В то же время присутствие видов – позитивных индикаторов загрязнения и эвтрофикации свидетельствует, что такое воздействие, в некоторой степени, все же имело место. В исследованном районе, так же как и в заливе Посьета и на прилегающей к нему акватории в 1993 г. – почти той же, что рассматривается и в данном разделе, дифференциация сообществ макрозообентоса обусловлена действием природных факторов – глубины, типом грунта, содержанием органики. Следует отметить, что средний размер зерен донных отложений является параметром, характеризующим напряженность среды гидрогенного седиментогенеза. Его включение в модель, по-видимому, отражает исключительную открытость района работ. В целом притуманганскую акваторию в 1996 г. можно охарактеризовать как почти интактный район.

3.4 Прибрежье Владивостока (2001 г.)

было идентифицировано исследуемой акватории 241 беспозвоночных, принадлежащих к 25 таксономическим группам. Как и вблизи устья реки Туманной, по числу видов преобладали многощетинковые черви, далее следовали амфиподы и двустворчатые моллюски (соответственно 96, 36 и 34 видов; 37,9, 14,2 и 13,4 % от общего числа найденных видов). Десятиногие раки были представлены 26 видами, брюхоногие моллюски -17, немертины -8 (10,3, 6,7 и 3,2 %), остальные группы включали по 1-4 вида. Чаще других встречались многощетинковые черви, за ними следовали двустворчатые и брюхоногие моллюски, затем декаподы (встречаемость соответственно 94,1, 82,4, 79,4 и 76,5 %). Кроме них на более чем половине станций найдены немертины, разноногие и кумовые раки. По биомассе доминировали двустворчатые моллюски (51,1 % от общей биомассы), по плотности поселения – полихеты (84,9 %); вклад остальных групп в эти показатели был в разы меньше.

Среди найденных видов макрозообентоса чаще других встречалась полихета

L. longifolia (79,5 % станций), за ней следовал брюхоногий моллюск *Philine argentata* (70,6). Еще 5 видов животных было обнаружено на половине и более станций. Это двустворчатый моллюск *Theora lubrica*, декапода *Paradorippe granulata*, а также три вида многощетинковых червей *S. bassi*, *D. cardalia* и *S. inflatum*. Самой многочисленной была полихета *A. pacifica* (481 \pm 186 экз./м², вклад в общую численность – 22,0 %, встречаемость – 47,1 %), далее с заметным отставанием следовали *D. cardalia* и *L. longifolia* (>100 экз./м², доля – 11,3 и 9,2 %). По вкладу в общую биомассу лидировал найденный всего на 4 станциях (11,8 %) двустворчатый моллюск *Macoma orientalis* (23,7 \pm 11,5 г/м², доля в общей биомассе – 16,2 %); следующие за ним также редкие в наших сборах *E. cordatum* и другой двустворчатый моллюск *Scapharca broughtoni* несколько отставали по этому показателю (22,1 \pm 12,2 и 17,2 \pm 17,4 г/м², доля – 14,9 и 11,8 %, встречаемость 14,7 и 5,9 %). Биомасса остальных видов макрозообентоса была менее 13 г/м² (<9 %).

По биомассе видов макрозообентоса обследованные станции (кроме Z1, где фауна отсутствовала) могут быть объединены в четыре группы, имеющие внутригрупповое сходство 19,6-41,1 % (рисунок 3.7):

- I. Станции, главным образом, Амурского залив и две станции северной части Уссурийского залива (A4, 6, 8, 9, 10, 11, 16, 24, 37, 39, 55, 59, U103 и U104);
- III. Станции Уссурийского залива и одна станция Амурского залива (*U11*, *16*, *17*, *18*, *100*, *105*, *108* и *A42*);
- III. Станции пролива Босфор-Восточный, устье бухты Улисс, и прибрежные станции средней части Амурского залива (Z18, 19 и 23, A24 и A28);
- IV. Станции бухт Золотой Рог и Диомид (Z7, 11, 12, 22).

Выделение четырех кластеров подтверждается результатами процедуры *ANOSIM* и теста Мантеля (таблица 3.16, 3.17). Определяющее и значимое влияние на обилие видов макрозообентоса оказывает сумма факторов среды и, следовательно, их агломерация (видов и станций, по обилию первых) обусловлена экологически (таблица 3.17). Таким образом, выделенные группировки I–IV, в соответствии с определением, являются сообществами, причем пространственная локализация не оказывает значимого влияния на обособление этих ассоциаций. Сообщества I и II довольно сильно связаны друг с другом: доля станций с повышенными значениями степени принадлежности к «чужому» кластеру велика у целого ряда станций – *A12 A24 A37 A55 A4* и, особенно, у *U-104* (таблица A.7).

Основной вклад во внутригрупповое сходство станций группы I по обеим характеристикам обилия вносит *L. longifolia*; по плотности следом за ним с небольшим отрывом располагается *S. bassi*, а по биомассе, в долях процента от лидера – *S. inflatum* (таблица A.8). В группе II *L. longifolia* также абсолютный фаворит; по плотности второй

идет другая полихета *Notomastus latericeus*, а далее — *Glycera* sp., *S. armiger* и *O. sarsii*, по биомассе — *O. sarsii*, затем — немертина *Cerebratulus marginatus*, *G. maculata* и *S. armiger*. В группе III и по плотности, и по биомассе первое место занимает гастропода *Philine argentata*, довольно далеко, особенно по плотности, отрываясь от второй по обоим параметрам бивалвии *Macoma* sp., в группе IV таким абсолютным лидером по вкладам в оба показателя обилия является *A. pacifica*. Таким образом, выделенные агломерации следует рассматривать как сообщества *L. longifolia* + *S. bassi* + *S. inflatum*, *L. longifolia* + *O. sarsii* + *S. armiger*, *P. argentata* + *Macoma* sp. и *A. pacifica*. При этом воздействие фактора «кластер» статистически значимо для биомассы, индексов Маргалефа, Шеннона-Винера, *AMBI* и *M-AMBI*, и незначимо — для плотности, индекса Пиелу и статистики Кларка (таблица 3.18).

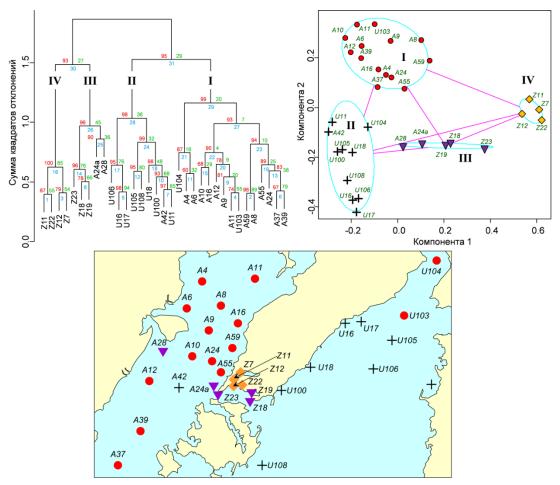


Рисунок 3.7 — Дендрограмма сходства станций по видовому составу макрозообентоса, полученная методом Варда (ward.D2) с использованием коэффициента сходства Брея-Кертиса на основе биомассы донных животных (преобразование — корень четвертой степени), группировка станций алгоритмом нечеткой классификации (компоненты 1 и 2 объясняют 30.4 % изменчивости) и распределение выделенных сообществ на исследованной акватории. В узлах дендрограммы приведены порядковые номера агломерации, приближенные и несмещенные оценки бутстреп-вероятностей (соответственно синим, зеленым и красным цветом). Римские цифры — выделяемые сообщества; розовые линии соединяют групповые центроиды

Таблица 3.16 – Результаты процедуры *ANOSIM* (общая статистика R=0,809/0,750, p=0,000)

Сравниваемые группы	Статистика <i>R</i>	Уровень значимости, %	Число возможных перестановок	Действительное число перестановок
1–2	0,701/0,607	0,0	1961256	1961256
1–3	0,837/0,773	0,0	11628	11628
1–4	0,965/0,926	0,0	3060	3060
2–3	0,835/0,763	0,0	3003	3003
2–4	1,000	0,1	1001	1001
3–4	0,625/0,719	1,6	126	126

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы.

Таблица 3.17 – Результаты теста Мантеля для оценки статистической значимости связи обилия видов макрозообентоса с факторами среды и пространственным расположением (число перестановок – 999)

Споручирови за можручи и пустомучу	Статистика	95-% доверительные	р (при
Сравниваемые матрицы дистанций	Мантеля <i>r</i>	интервалы r	рандомизации)
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\}$	видов \mathbf{S} } ~ {Факторы среды \mathbf{E} } 0,379/0,297 $\frac{0.201 \div 0.557}{0,154 \div 0,440}$		0.001/0,002
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Расположение в пространстве $\mathbf{G}\}$	-0.018/0,004	-0,188÷0,152 -0,136÷0,144	0.557/0,420
$\{\Phi$ акторы среды ${\bf E}\} \sim \{$ Расположение в пространстве ${\bf G}\}$	-0.119	-0,334÷0,096	0,834
Связь между тремя матрицами S, E и G одновременно	0,380/0,300	0,198÷0,562 0,157÷0,443	0,001/0,002

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы

Таблица 3.18 – Количественные характеристики сообществ макрозообентоса, найденных на прибрежных акваториях Владивостока в 2001 г.

Параметр	I. L. longifolia + S. bassi + S. inflatum	II. L. longifolia + O. sarsii + S. armiger	III. P. argentata + Macoma sp.	IV. A. pacifica	В среднем	K-W TecT
R	<u>13±1</u> <u>24±2</u>		<u>8±4</u>	10±5		0.002
K	7–24	15–40	2–24	2–22	15±2	0,002
4 /- 2	1687±414	2340±520	1590±879	1423±676	1010+207	0.440
A, экз./м ²	414–6808	498–4719	82–3631	118–2872	1819±287	0,440
<i>B</i> , Γ/M ²	142.7±65.3	282.9±73.5	95.7±73.9	16.4±11.0	1505+202	0.000
B, 17M	7.1–904.0	90.3–680.6	2.8-358.5	2.6-43.4	158.5±38.2	0,009
H',	1.99±0.21	3.32±0.24	1.49±0.51	1.74±0.72	2 24+0 10	0.002
бит/экз.	0.81-3.70	1.96-4.07	0.52-3.11	0.47-3.45	2.24±0.19	0,003
	0.636 ± 0.048	0.730±0.044	0.667±0.042	0.719±0.128	0.676±0.028	0.472
e	0.252-0.855	52–0.855 0.519–0.902 0.545–0.742		0.413-0.945	0.070±0.028	0,472
W	0.040±0.032	0.171±0.058	0.052±0.065	0.172 ± 0.090	0.093±0.026	0.121
VV	-0.092–0.301	-0.043-0.472	-0.087–0.196	-0.050-0.302	0.093±0.026	0,121
AMDI	2.83±0.27	1.94±0.30	2.63±0.58	4.62 ± 0.64	2.77+0.22	0.010
AMBI	1.43-4.36	1.85–3.72	1.46-4.29	2.98-5.40	2.77±0.22	0,018
M-AMBI	0.520±0.029	0.749±0.054	0.449 ± 0.074	0.186±0.025	0.537±0.035	0.000
WI-AMBI	0.280-0.702	0.415–0.916	0.294-0.612	0.135-0.239	0.55/±0.035	0,000
ПЭС	10,7	9,4	27,3	45,8	23,3	

Примечание — В числителе – среднее значение и ошибка репрезентативности, в знаменателе – пределы изменчивости, *K-W* – Крускала-Уоллиса.

Среди выделенных ассоциаций, сообщество I L. longifolia + S. bassi + S. inflatum по всем параметрам занимает среднее положение (таблица 3.18). Это богатое видами, но умеренно разнообразное сообщество ($R=13\pm1,\ H'=1.99\pm0.21$) с умеренно выровненным распределением видов по рангам ($e=0.636\pm0.048$), а доминирование относительно крупных животных выражено слабо ($W=0.040\pm0.032$). Всего в нем отмечен 131 вид беспозвоночных; 15 из них были найдены на половине и более станций, чаще всех встречались титульные виды и двустворчатый моллюск Theora lubrica (все точки опробования). По плотности поселения лидировал A. pacifica $(700\pm362 \text{ экз./м}^2,$ встречаемость -60.0%), а L. longifolia, S. bassi и S. inflatum уступали ему в разы (248 \pm 53, 81 ± 28 и 58 ± 33 экз./м²). Наибольшую среднюю биомассу имел S. broughtoni (39,0±38,9 г/м², встречаемость – 13,3 %). Из видов – позитивных индикаторов загрязнения следует отметить массовых A. pacifica, D. cardalia и Sch. japonica (встречаемость последних – 73,5 и 53,3 %), а также единичных полихет Cirratulus cirratus, C. capitata и Nereis sp. (по 20,0 %). Экологический статус группировки изменяется от обедненного до хорошего. Индивидуальные плотности и биомассы сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в 18 и 10 случаях (ПЭС – 10,7 %).

Сообщество II L. longifolia + O. sarsii + S. armiger характеризуется наибольшими среди выделенных ассоциаций средним числом видов, плотности поселения, биомассы, индекса Шеннона-Винера (таблица 3.18). Это богатая видами и разнообразная группировка ($R=24\pm2$, $H'=3.32\pm0.24$) с умеренно выровненным ранговым распределением видов ($e=0.730\pm0.044$), в которой преобладают относительно крупные животные $(W=0.171\pm0.058)$. Всего в ассоциации найдено 165 видов (31 из них – на половине и более станций), среди которых чаще других встречались L. longifolia и Glycera sp. (все станции), а O. sarsii, S. armiger и G. maculata пропустили по одной точке опробования (88,9 %). По плотности доминировал D. cardalia, M. sarsi занимал второе место, a N. latericeus замыкал тройку (497 \pm 356, 304 \pm 215 и 207 \pm 103 экз./м², встречаемость более 66 %). По биомассе лидировал E. cordatum, за ним следовал M. orientalis и A. insignis (81,6 \pm 40,6, 64,2 \pm 64,2 и $46,1\pm30,6$ г/м², встречаемость -44,4,11,1 и 44,4 %). Позитивные индикаторы загрязнения и эвтрофикации были представлены D. cardalia и единичными Nereis sp. Экологический статус бентоса варьирует от умеренного до высокого. Плотности и биомассы отдельных видов сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в четырех и 27 случаях (ПЭС – 9,4 %).

В группировке III P. argentata + Macoma sp. обнаружено 64 вида, причем титульные виды встречались чаще всех остальных (100 и 80 %); еще 8 представителей донной фауны были встречены на более чем половине станций. Почти по всем

количественным характеристикам P. argentata + Macoma sp. уступает предыдущей ассоциации (таблица 3.18). Это умеренно богатая видами и бедная в информационном отношении группировка (R=8±4, H'=1.49±0.51) с умеренно выровненным ранговым распределением видов (e=0.667±0.042), а преобладание относительно крупных животных выражено незначительно (W=0.052±0.065). По плотности в ней с большим отрывом лидируют A. pacifica, а следующие за ним D. cardalia и G. capitata отстают от него более чем в 2 раза (450±408, 211±93 и 206±137 экз./м², встречаемость – по 60 %). По биомассе абсолютный фаворит – Macoma sp. (68,4±68,1 г/м²), у его ближайших преследователей – A. amurensis u A. pectinifera – этот показатель в среднем в 7,7–9 раз ниже. Позитивные индикаторы загрязнения и эвтрофикации весьма многочисленны и представлены A. pacifica, C. capitata, C. cincta, D. cardalia, Nereis sp., Sch. japonica. Экологический статус донного населения изменяется от обедненного до хорошего. Плотности и биомассы отдельных видов сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в 29 и шести случаях (Π ЭС – 27,3 %).

Сообщество IV *А. расіfіса* характеризуется небольшим средним числом видов на станции, довольно высокой плотностью и наименьшей среди выделенных группировок биомассой (таблица 3.18). Это умеренно богатое видами и бедная с информационных позиций группировка (R=10±5, H'=1.74±0.72) с умеренно выровненным распределением видов по рангам (e=0.719±0.128), в которой преобладают относительно крупные животные (W=0.172±0.090). Всего в ней найдено 12 видов макрозообентоса, четыре из которых были отмечены на половине и более станций, причем титульный вид лидирует по всем показателям (встречаемость – 100 % при средней плотности 902±513 экз./м² и биомассе 5,9±4,7 г/м²). Следующие за ним по плотности C. C capitata и Sch. C japonica отстают в разы (C september 15 и C september 26 уви C september 36 уви C выше – в C уви выше – в C уви C выше – в C уви C уви выше – в C уви C уви C собщества C обедненного. Существенная положительная связь плотностей отдельных видов с общей численностью отмечена у пяти животных, индивидуальных биомасс – у шести (C 245,8).

В каждой точке опробования определяли примерно те же параметры, как и на притуманганской акватории (стандартные гидрологические показатели и биогены, фракционный и химический состав донных отложений). После применение процедур последовательной редукции числа переменных, их количество составило всего 12, что дало возможность применить пошаговое построение общей модели. Наименьшая величина AIC оказалась у модели, включающей всего две переменных – глубину и MeF_2 –

параметр, характеризующий терригенный сток [46, 48]. После анализа диаграммы рассеяния с векторами 12 факторов, в модель было добавлено содержание органического углерода (самый длинный вектор после глубины и MeF_2). При этом уровень загрязнения осадков (TPF) сильно коррелировал с $C_{\rm opr.}$, но был несколько короче. Дисперсионный анализ показал, что статистически значимыми являются сама модель в целом, включение в нее перечисленных параметров и три оси ССА (таблице 3.19).

Таблица 3.19 — Результаты ССА для биомассы донных животных: дисперсионный анализ (ANOVA) для полных моделей, моделей с сокращенным числом параметров и статистическая оценка их термов по отдельности, влияние краевых эффектов и значимость осей (число перестановок — 999)

Параметр	Df	χ^2	F	Pr(>F)			
Общая модели	ь: Корень 4 степен		селения ~ Глубина	$L + FMe_2 + C_{\text{opr.}}$			
Модель	3	1,090	1,952	0,001			
Остатки	29	5,397					
	Последовательное включение (тип I)						
Глубина	1	0,412	2,216	0,001			
FMe_2	1	1 0,374 2,007					
$C_{ m opr.}$	1	0,304	1,633	0,004			
Остатки							
	Кра	евые эффекты (тиг	ı III)				
Глубина	1	0,371	1,995	0,001			
FMe_2	1	0,329	1,765	0,001			
$C_{opr.}$	1	0,304	1,633	0,004			
Остатки	20	5,397					
	Оси						
CCA1	1	0,442	2,377	0,001			
CCA2	1	0,359	1,930	0,001			
CCA3	1	0,288	1,549	0,003			
Остатки	20	5,397					

Примечание — χ^2 — критерий согласия хи-квадрат; F — расчетная величина критерия Фишера; Pr — вероятность справедливости H_0 о статистической незначимости модели или включении в нее переменных; CCA1—5 — шкалы (размерности), полученные при помощи канонического анализа соответствий (CCA), FMe_2 — параметр, характеризующий влияние терригенного стока.

Отсутствие четкой дифференциации выделенных сообществ по видовому составу обусловлено массовой пролиферацией полихет *L. longifolia*, *S. armiger*, *A. pacifica*, *D. cardalia*, *Sch. japonica*, *C. capitata*, которые присутствовали, в тех или иных количествах во всех группировках, причем большинство из них, кроме первых двух, — позитивные индикаторы загрязнения и эвтрофикации. Следует также отметить, что *S. armiger* является видом, который дает вспышки численности при умеренном повышении содержания органического углерода в донных осадках [64]. Результат пролиферации всех этих видов — отсутствие у сообществ отчетливой приуроченности к определенным диапазонам естественных факторов среды, которая наблюдалась на почти интактных акваториях — в

заливе Посьета и к северу от устья реки Туманной (рисунок 3.8, таблица 3.20).

Таблица 3.20 – Параметры среды и сообщества макрозообентоса

· 1 1	1 ' '			
Сообщество	Глубина, м	Содержание $C_{\text{орг.}}$, мг/г	<i>ТРF</i> , усл. ед.	Преобладающий тип донных отложений*
I. L. longifolia + S. bassi +	18	2,8	2,4	Алевриты пелитовые
S. inflatum	(6-35)	(1,7-5,4)	(1,8-3,6)	(90,9)
II. L. longifolia + O. sarsii	24	1,1	2,1	Пески алевритовые
+ S. armiger	(14–48)	(0,3-3,3)	(1,6-3,4)	(31,6)
III. P. argentata + Macoma	15	1,6	2,2	Пески алевритовые
sp.	(9–19)	(0,5-3,2)	(1,6-2,8)	(56,9)
IV A pacifica	20	8,5	3,8	Алевриты песчаные
IV. A. pacifica	(18-24)	(3,7-11,7)	(2,8-4,4)	(59,0)

^{*} В скобках – содержание фракций ,0,1 мм (алевропелитов, %).

Примечание — Для каждого параметра среды приведено среднее значение и диапазон изменений (в скобках).

Итак, степень повреждения местообитаний трех первых из выделенных ассоциаций донных животных изменяется от легкой до умеренной, а последней – до сильно нарушенной. Сообщество I L. longifolia + S. bassi + S. inflatum встречалось в широком диапазоне глубин (6-35, главным образом ≤23 м), преимущественно на алевритах пелитовых; критический уровень загрязнения ($TPF \ge 2.8$) был отмечен в четырех из 15 точек опробования, содержание $C_{\text{орг.}}$ на большинстве станций превышало 2,0 мг/г (рисунок 3.8, таблица 3.20). Группировка II L. longifolia + O. sarsii + S. armigerрасполагалась на глубинах 14-48 м, в основном на алевритовых песках с относительно низким содержанием фракций <0,1 мм (в среднем -31,6 %), $TPF \ge 2,8$ отмечен на одной станции, концентрация $C_{\text{орг.}}$ обычно не превышала 1,0 мкг/г (7 из 9 станций). Диапазон глубин «обитания» ассоциации III P. argentata + Macoma sp. был заметно уже (9–19 м), преобладающий тип грунта – те же пески алевритовые, однако среднее содержание алевропелитов в них было заметно выше (56.9 %), TPF=2.8 наблюдался только на двух станциях – в проливе Босфор Восточный и у западного побережья полуострова Муравьева-Амурского. Содержание $C_{\rm opr.}$ – в среднем слегка выше, чем в местообитании предыдущего сообщества. Группировка IV A. pacifica встречена в диапазоне глубин 18-24 м, тяготела к заиленным осадкам с заметной примесью гравийных фракций на всех станциях (алевритам песчаным, гравий – главным образом, шлак) и высоким $C_{\text{opt.}}$; уровень загрязнения во всех точках опробования достигал критических величин.

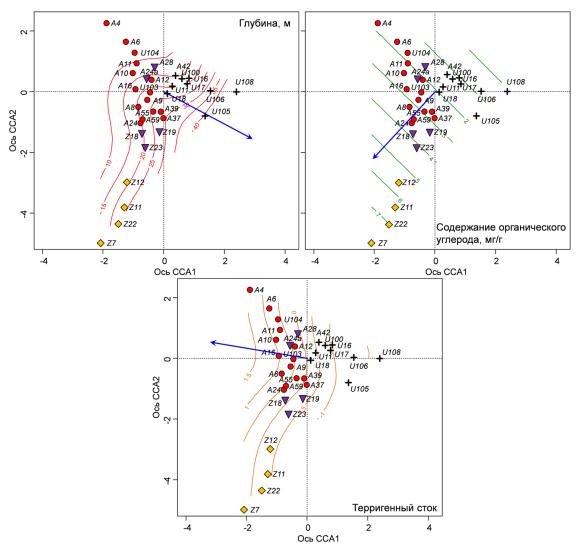


Рисунок 3.8 – Ординация станций методом ССА (биомасса) и результаты подгонки поверхностей для факторов среды

Таким образом, на исследованной акватории Амурского и Уссурийского заливов, пролива Босфор Восточный, бухт Золотой Рог и Диомид найдены четыре сообщества донных животных — L. longifolia + S. bassi + S. inflatum, L. longifolia + O. sarsii + S. armiger, P. argentata + Macoma sp и A. pacifica. Два первых довольно разнообразны и богаты видами, особенно второе, имеют сравнительно высокие характеристики обилия, причем во втором преобладают относительно крупные животные. Третье и четвертое — наоборот, довольно бедны в отношении видового богатства и разнообразия и создают заметно меньшие биомассы. В тоже время для всех выделенных сообществ характерна широкая изменчивость размерного состава донной фауны. В среднем, состояние местообитаний двух первых сообществ можно охарактеризовать как слабо и умеренно поврежденное при хорошем, в основном, экологическом статусе фауны, биотопы третьего находятся в состоянии умеренного повреждения при умеренном статусе макрозообентоса, у четвертого — среда умеренно и сильно повреждена, а его статус — обедненный. Дифференциацию указанных сообществ «осуществляют», в первую очередь глубина,

терригенный сток и содержание органического углерода, которое на данной акватории идентично, по сути, степени загрязнения морской среды. В отличие от интактных районов, рассмотренных выше, характерными чертами акватории, подверженной отчетливому антропогенному воздействию являются:

- Плохая дифференциация сообществ макрозообентоса по видовому составу;
- Низкое видовое богатство и разнообразие (с позиций теории информации) у группировок, сформировавшихся при повышенном уровне загрязнения среды;
- Массовое развитие видов позитивных индикаторов загрязнения и эвтрофикации на всей или почти всей исследованной акватории, в результате чего средняя плотность достигает тысяч особей на квадратный метр, причем даже на весьма загрязненных участках. Следует подчеркнуть, что, как и для залива Посьета, ранее не удавалось добиться адекватного выделения сообществ макрозообентоса, в результате чего данные этой съемки целиком не были опубликованы, и лишь применение разработанного нами алгоритма позволило решить эту проблему.

3.5 Северная часть Амурского залива

На исследованном участке Амурского залива найдено 127 видов макробентоса, относящихся к 20 таксономическим группам. Наибольшим видовым богатством и встречаемостью среди макрозообентоса характеризовались многощетинковые черви (49 видов и 100 % встречаемость от числа станций, соответственно), двустворчатые (21 и 76) и брюхоногие (16 и 92) моллюски, а также амфиподы (12 и 100). Актиний было найдено 5 видов, кумовых раков – 4, асцидий, усоногих раков и немертин – по 3, губок, стоматопод, морских звезд, насекомых, изопод, мизид, пантопод, форонид, мшанок, декапод и копепод – по одному, причем встречаемость Асtiniaria и Ситасеа была весьма заметной (68 и 64 %). Основу биомассы составляли двустворчатые моллюски, усоногие раки и актинии (соответственно 30,9, 25,0 и 18,8 % от общей биомассы). Наиболее высокую численность имели полихеты, двустворчатые моллюски и амфиподы (45,0, 29,7 и 10,1 % от общей плотности поселения). В целом, донное население северной части Амурского залива было представлено типично морскими, пресно- и солоноватоводными организмами (84.3, 0.8 и 14.9% от общего числа видов, соответственно).

Среди макрозообентоса чаще всех встречались амфипода *Corophium crassicorne*, полихеты *L. longifolia* (92 % от числа станций), *C. capitata*, *S. bassi* и кумовый рак *Diastylopsis dawsoni* (68 %). *L. longifolia* и *C. capitata* входили и в состав животных, лидирующих по численности (489±25 и 285±29 экз./м², 15,9 и 9,3 % от общей плотности, второе и четвертое место соответственно), а доминировал двустворчатый моллюск

Potamocarbicula amurensis (789 \pm 153 экз./м², 25,6 %), найденный всего лишь на 10 станциях (40 %). На третьем месте располагался *A. pacifica*, на пятом – *C. crassicorne* (292 \pm 26 и 247 \pm 22 экз./м², 9,5 и 8,0 %). Средняя биомасса *P. amurensis*, *L. longifolia*, *A. pacifica*, *C. capitata* и *C. crassicorne* была довольно низка – соответственно 19,3 \pm 2.9, 2,6 \pm 0,1, 1,9 \pm 0,2, 1,0 \pm 0,1 и 0,30 \pm 0,02 г/м², а наибольшая биомасса обнаружена у относительно редких морского желудя *B. rostratus* (127,3 \pm 23,0 г/м², 25,1 % от общей биомассы, встречаемость 16 %,), актинии *Metridium senile fimbriatum* (90,8 \pm 16,4 г/м², 17,9 и 12 %) и форониды *Phoronopsis harmeri* (78,8 \pm 13,8, 13,8 и 12).

Обследованные станции могут быть объединены в три основные группы, имеющие среднее внутригрупповое сходство 32,4–42,4 % (рисунок 3.9):

- I. Станции, расположенные в зал. Угловом (8n-11n);
- II. Станции северной и северо-западной части района работ (7, 24, 27, 47, 61, 65, 66, 85, 1n, 2n, A4, A6, A11);
- III. Станции центральной и южной, наиболее глубоководной части акватории (56, 60, 97, 98, 3n, A8, A9, A16).

Выделение групп на основе плотности поселения и биомассы абсолютно идентично; такое разбиение подтверждается результатами процедуры ANOSIM и теста Мантеля (таблица 3.21, 3.22). Определяющее и значимое влияние на обилие видов макрозообентоса оказывает сумма факторов среды и, следовательно, их агломерация (видов и станций, по обилию первых) обусловлена экологически (таблица 3.22). Таким образом, выделенные группировки I–IV, в соответствии с определением, являются сообществами. На обособление этих ассоциаций значимое влияние оказывает и пространственная локализация (что, собственно, видно из расположения сообществ), причем даже в большей степени, чем факторы среды. При этом сообщества явно «перекрещиваются» друг с другом: доля точек опробования с повышенными значениями степени принадлежности «чужим» кластерам довольно велика (таблица А.9). Это станции 7, 1n, 2n, 65, A11 и A16, причем у четырех первых сила притяжения повышена, кроме основного, сразу к двум остальным агломерациям.

Таблица 3.21 — Результаты процедуры ANOSIM (общая статистика R=0,730/0,680, p=0,000)

<u>F - </u>				
Сравниваемые	Стотнотико Р	Уровень	Число возможных	Действительное число
группы	группы Статистика <i>R</i>		перестановок	перестановок
1-2	0,788/0,715	0,0/0,1	2380	2380
1-3	0,910/0,917	0,2	495	495
2-3	0,642/0,581	0,0	203490	203490

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы.

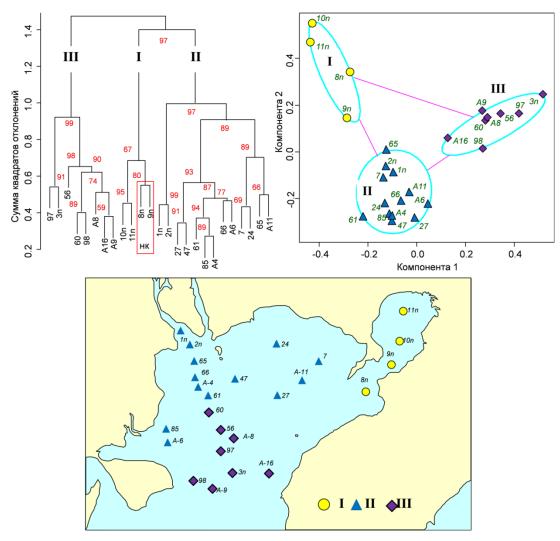


Рисунок 3.9 — Дендрограмма сходства станций по видовому составу макрозообентоса, полученная методом Варда (ward.D2) с использованием коэффициента сходства Брея-Кертиса на основе плотности донных животных (преобразование — корень четвертой степени), группировка станций алгоритмом нечеткой классификации (компоненты 1 и 2 объясняют 35.0 % изменчивости) и распределение сообществ на исследованной акватории. В узлах дендрограммы приведены несмещенные оценки бутстрепвероятностей (красным цветом). Римские цифры — выделяемые сообщества, нк — нерасклассифицированные станции, розовые линии соединяют групповые центроиды

Таблица 3.22 — Результаты теста Мантеля для оценки статистической значимости связи обилия видов макрозообентоса с факторами среды и пространственным расположением (число перестановок — 999)

Chopundo Maranni Maranni	Статистика	95-% доверительные	р (при	
Сравниваемые матрицы дистанций	Мантеля <i>r</i>	интервалы <i>r</i>	рандомизации)	
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\}$	0,382/0,369	$0,235 \div 0,529$	0.003/0,002	
$\{$ Обилие видов $S\} \sim \{$ Факторы среды $\mathbf{E}\}$	0,362/0,309	0,208÷0,530	0.003/0,002	
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Расположение в	0,534/0,511	$0,364 \div 0,704$	0.001	
пространстве G}	0,334/0,311	0,346÷0,676	0,001	
$\{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\} \sim \{$ Расположение в	0.195	0,165÷0,225	0,084	
пространстве G}	0.193	0,103 · 0,223	0,064	
Связь между тремя матрицами S, E и G	0,335/0,320	$0,229 \div 0,441$	0,010/0,003	
одновременно	0,333/0,320	0,191÷0,449	0,010/0,003	

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы.

Таблица 3.23 – Количественные и структурные характеристик сообществ макрозообентоса, выделенных на акватории северной части Амурского залива в 2005 г.

Параметр	I. C. crassicorne	II. L. longifolia	III. A. pacifica + P. harmeri + D. dawsoni	В среднем	<i>K-W</i> тест	
R	<u>21±3</u>	<u>16±2</u>	<u>23±4</u>	19±2	0,585	
K	15–27	4–25	11–41	1942	0,363	
A, экз./м ²	2634±1178	3263±1366	3027±617	3087±742	0.800	
А, ЭКЗ./М	1027-6090	360-19040	1080–5670	308/±/42	0,890	
<i>B</i> , γ/м ²	187,6±122,9	282,7±147,8	1033,5±524,0	507.9 102.6	0.221	
B, 17M	45,5–555,1	3,4–1987,1	38,5–4479,7	507,8±192.6	0,231	
II' Sym/ayea	2,84±0,35	2,01±0,23	2,68±0,23	2.26+0.16	0,177	
H', бит/экз.	1,84–3,32	0,33–3,11	1,61–3,48	2,36±0.16	0,177	
	$0,650\pm0,071$	0.519 ± 0.052	0,612±0,041	0,570±0.033	0,232	
e	0,471-0,782	0,083-0,797	0,436–0,793	0,570±0.055	0,232	
W	0.121 ± 0.071	0.069 ± 0.029	0.162 ± 0.029	0,107±0.022	0,215	
VV	-0,067-0,236	-0,161–0,195	0,054-0,334	0,107±0.022	0,213	
AMBI	2.99±0.56	3.18±0.39	3.13±0.51	3.13±0.25	0,919	
AWIDI	2.13-4.13	1.89-5.90	0.91–4.70	3.13±0.23	0,919	
M-AMBI	0.648 ± 0.048	0.522±0.054	0.643±0.043	0.581±0.032	0,270	
IVI -AIVI DI	0.530-0.721	0.134-0.724	0.516-0.827	U.361±U.U32	0,270	
ПЭС	33,0	6,2	21,0	20,1	_	

Примечание — В числителе – среднее значение и ошибка репрезентативности, в знаменателе – пределы изменчивости, *K-W* – Крускала-Уоллиса.

Основной вклад во внутригрупповое сходство станций группы I по обеим характеристикам обилия вносит амфипода Corophium crassicorne (таблица А.10). В группе II как по плотности, так и по биомассе лидирует L. longifolia; в группе III абсолютным фаворитом является A. pacifica, однако по биомассе ему лишь немного уступают P. harmeri и кумовый рак Diastylopsis dawsoni, причем последний идет вторым и по плотности. Таким образом, выделенные агломерации следует рассматривать как сообщества C. crassicorne, L. longifolia и A. pacifica + P. harmeri + D. dawsoni. При этом воздействие фактора «кластер» не значимо для всех общих параметров сообществ (таблица 3.23).

В группе I 100-% *С. crassicorne* встречаемость имели 6 видов животных: титульный вид, *Р. amurensis*, брюхоногий моллюск *Fluviocingula nipponica*, амфипода *Protomedeia* sp., полихета *Eteone* sp., а также неопределенная даже до рода молодь и обрывки многощетинковых червей семейства Capitellidae. Численно доминировали *С. crassicorne*, брюхоногий моллюск *F. nipponica*, *P. amurensis*, другой бокоплав *Corophium steinegeri*, *С. capitata*, *Macoma balthica* (в среднем >100 экз./м², 3,8–26,6 % от общей плотности). По биомассе преобладали двустворчатые моллюски *М. incongrua*, *R. philippinarum*, *М. japonica* и *Р. amurensis* (>20 г/м², 11,0–23,0 % общей биомассы). В самой кутовой части

залива на станции 11-п были обнаружены личинки насекомых — типично пресноводные животные. Среди выделенных группировок это сообщество имеет наименьшую биомассу и плотность макрозообентоса — соответственно $187,6\pm122,9 \text{ г/м}^2$ и $2634\pm1178 \text{ экз./м}^2$. При этом оно богато видами, разнообразно ($R=21\pm3$, $H=2,84\pm0,35$) и характеризуется умеренно выравненным распределением видов по рангам ($e=0,650\pm0,071$). Статистика Кларка изменяется довольно в широком диапазоне, но в среднем принимает относительно большие положительные величины ($W=0,121\pm0,071$), что говорит о преобладании относительно крупных животных. Всего здесь было отмечено 44 вида донных животных; позитивные индикаторы загрязнения и эвтрофикации представлены «массовым» видом C. capitata и единичными находками A. pacifica. Экологический статус бентоса — хороший на всех станциях. Плотности отдельных видов сильно и положительно коррелировали с общей численностью в 17 случаях, индивидуальные биомассы с общей биомассой — в 12 (ПЭС — 33,0%).

В группировке II L. longifolia чаще других встречались L. longifolia, C. crassicorne (100 %), более чем на двух третях станций были отмечены C. capitata, актиния Edwardsia japonica, D. dawsoni, S. bassi. По плотности поселения лидировали P. amurensis, L. longifolia и C. crassicorne (>400 экз./м², 12,3–43,8 %). Наибольший вклад в общую биомассу вносили, главным образом, актинии M. senile fimbriatum, двустворчатые моллюски Dosinia penicillata и P. amurensis (>28 г/м 2 , 8,0–45,1 %). В кластере этой группировки довольно сильно обособлены станции Тавричанского лимана (1-n и 2-n). Такое обособление связано, прежде всего, с сокращением числа видов и общим низким обилием бентоса, хотя большинство доминантных и субдоминантных видов здесь те же, что и на остальных станциях, входящих в это сообщество. В донном населении здесь преобладали C. capitata – вид, доминирующий как по численности, так и по биомассе, L. longifolia и С. crassicorne. Вероятно, эти станции были приурочены к области экотона между сообществом L. longifolia и группировками макрозообентоса более «внутренней» части лимана. Сообщество L. longifolia характеризуется самой большой среди выделяемых сообществ численностью бентоса (3263±1366 экз./м²), относительно высокой биомассой $(282.7\pm147.8\ \text{г/m}^2)$, но самыми низкими величинами параметров разнообразия – индекса Маргалефа, Шеннона-Винера и Пиелу ($R=16\pm2$, $H'=2,01\pm0,23$ и $e=0,519\pm0,052$). Как и в группировке C. crassicorne + P. amurensis, статистика Кларка изменяется довольно в широком диапазоне, но в среднем принимает относительно низкие, хотя и положительные значения ($W=0.069\pm0.029$), что свидетельствует о слабом доминировании относительно крупных животных. Всего в этом сообществе отмечено 65 видов донной фауны. Виды – позитивные индикаторы загрязнения и эвтрофикации – A. pacifica, D. cardalia, A. ojianus –

встречаются единично и не образуют больших скоплений, за исключением C. capitata, который, как и в сообществе C. crassicorne + P. amurensis, является массовым. Экологический статус сообщества изменяется от плохого до хорошего. Плотности и биомассы отдельных видов лишь изредка сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия (соответственно в шести и двух случаях, Π ЭС – 6,2 %).

В группировке III A. pacifica + P. harmeri + D. dawsoni 100 % встречаемость показали D. dawsoni и L. longifolia, более чем на 75 % станций были найдены С. crassicorne, А. pacifica, Sch. japonica, S. bassi и брюхоногие моллюски Philine argentata и Menestho exarata. Основу биомассы создавали усоногие раки В. rostratus, Р. harmeri и двустворчатые моллюски, среди которых преобладали A. boucardi и C. adamsi (>97 г/м 2 , 9,5–38,2 %). Численно, с большим отрывом, доминировали A. pacifica и P. harmeri (соответственно 905 ± 123 и 540 ± 178 экз./м², 29,9 и 17,8 %), плотности более 100 экз./м² имели *C. crassicorne*, L. longifolia, S. bassi, C. capitata и другие представители семейства Capitellidae, а также А. boucardi и M. exarata. Среди выделенных группировок у этого сообщества отмечена самая высокая общая биомасса -1034 ± 524 г/м² при средней численности макрозообентоса в 3027 ± 617 экз./м². Это богатое видами и разнообразное сообщество, с умеренно выравненном видовым ранговым распределением и лишь немного уступающее группировке Углового залива по величинам индексов Шеннона-Винера и Пиелу (H'=2,68 \pm 0,23 и $e=0.612\pm0.041$), и несколько превосходящее его по среднему числу видов на станции (R=23±4). Статистика Кларка имеет здесь только положительные (иногда близкие к нулю) и, в среднем, довольно большие значения ($W=0,162\pm0,029$), что говорит о выраженном доминировании относительно крупных животных. Всего в нем было найдено 62 вида макрозообентоса. Позитивные индикаторы загрязнения и эвтрофикации – A. pacifica и P. harmeri – являются «титульными», кроме них в сообществе массово представлен и C. capitata, который встречается заметно реже, чем в группировке L. longifolia. Статус донного населения изменяется от умеренного до высокого. Индивидуальные плотности сильно и положительно коррелировали с общей численностью лишь в трех случаях, тогда как биомассы – в 23 (ПЭС – 21,0 %).

После процедуры последовательного сокращения переменных, подробнее рассмотренной в предыдущих разделах, в искомой модели осталось четыре фактора — глубина, содержание органического углерода, средний размер зерен осадка и GrF_2 . Последняя переменная характеризует сортировку частиц осадка движениями воды (волнением) и накопление крупных алевритов и мелкого песка. В результате, статистически значимыми оказались сама модель в целом, включение в нее всех перечисленных переменных и три оси ССА (таблица 3.24). До последнего в модель

входили параметр, характеризующий терригенный сток, и «водный фактор» WaF, получаемый при факторном анализе гидрологических характеристик и концентраций биогенов и «объединяющий» температуру, соленость, содержание растворенного кислорода и кремний. Указанные параметры были прямо пропорциональны друг другу и обратно пропорциональны глубине; их исключение — результат пошаговой процедуры построения модели и сравнения величин векторов факторов среды.

Таблица 3.24 — Результаты ССА для плотности донных животных: дисперсионный анализ (ANOVA) для полных моделей, моделей с сокращенным числом параметров и статистическая оценка их термов по отдельности, влияние краевых эффектов и значимость осей (число перестановок — 999)

Параметр	Df	χ^2	F	Pr(> <i>F</i>)	
Общая модель: Н	Корень 4 степени из	в плотности поселен	ния $\sim \Gamma$ лубина + C_{op}	$_{\text{DL}} + Mean + GrF_2$	
Модель	4	1,467	0,001		
Остатки	20	3,057			
	Последо	вательное включен	ие (тип I)		
Глубина	1	0,511	3,344	0,001	
$C_{opr.}$	1	0,285	1,861	0,006	
Mean	1	0,375	2,451	0,001	
GrF_2	1	0,297	1,941	0,012	
Остатки	29	3,057			
	Кра	евые эффекты (тип	III)		
Глубина	1	0,359	2,347	0,001	
$C_{ m opr.}$	1	0,380	2,487	0,001	
Mean	1	0,421	2,757	0,001	
GrF_2	1	0,297	1,941	0,010	
Остатки	20	3,057			

Продолжение таблицы 3.24

Параметр	Df	χ^2	F	Pr(> <i>F</i>)
CCA1	1	0,540	3,535	0,001
CCA2	1	0,414	2,707	0,001
CCA3	1	0,268	1,751	0,032
CCA4	1	0,245	1,603	0,024
Остатки	20	3,057		

Примечание — $\chi 2$ — критерий согласия хи-квадрат; F — расчетная величина критерия Фишера; Pr — вероятность справедливости H_0 о статистической незначимости модели или включении в нее переменных; CCA1—5 — шкалы (размерности), полученные при помощи канонического анализа соответствий (CCA), GrF_2 — фактор сортировки осадка [65].

Сообщество *C. crassicorne* приурочено к мелководному Угловому заливу, который сильно прогревается в летнее время и испытывает значительное опресняющее воздействие впадающих в него многочисленных водотоков. Оно встречается на разнообразных грунтах – гравийно-галечных, мелких песках, алевритопелитовых смесях, но явно тяготеет к осадкам с повышенным содержанием органического углерода (рисунок 3.10, таблица 3.25). Сообщество *L. longifolia* довольно «жестко» привязано к глубинам примерно до 8 м (основная часть 4–8 м), т.е. также к хорошо прогреваемой части акватории, которая,

однако, не испытывает существенного опреснения (у дна). Грунты – главным образом пелиты с высоким содержанием более грубых частиц – алевритов разной крупности (пелиты алевритовые), с довольно высоким содержанием органики.

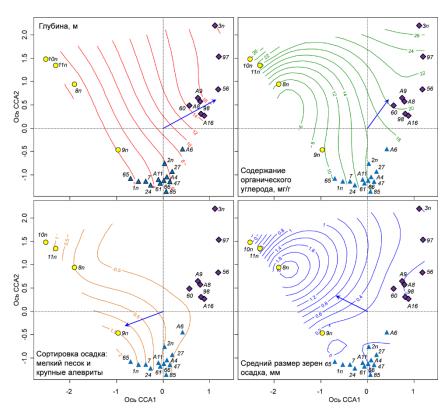


Рисунок 3.10 – Ординация станций методом ССА (плотность) и результаты подгонки поверхностей для факторов среды

Таблица 3.25 – Параметры среды и сообщества макрозообентоса

, 1 1	1 7	1	1		
Сообщество	Глубина, м	Содержание частиц <0,1 мм, %	Содержание $C_{\text{орг.}}$, мг/г	<i>ТРF</i> , усл. ед.	Преобладающий тип донных отложений*
I. C. crassicorne	1.4 (0,5–3,0)	50,1 (1,1–92,6)	17,7 (3,7–29,5)	2,3 (2,2-2,4)	Миктиты песчаные (0,587)
II. L. longifolia	4.6 (0,7–8,0)	91,3 (0,4–0,8)	15,1 (3,9–18,5)	2,4 (2,0–2,6)	Пелиты алевритовые (0,014)
III. A. pacifica + P. harmeri + D. dawsoni	16,3 (14–18)	98,2 (94,8–99,6)	21,8 (19,1–28,6)	2,5 (2,0-3,0)	Пелиты (0,003)

^{*} В скобках для типа осадков приведен средний размер зерен (мм).

Примечание — Для каждого параметра среды приведено среднее значение и диапазон изменений (в скобках).

Группировка A. pacifica + P. harmeri + D. dawsoni по экологическим «предпочтениям» – полная противоположность сообществу L. longifolia. Она тяготеет к максимальным глубинам (14–18 м) и, соответственно, к самым стабильным гидрологическим условиям: сезонные колебания температуры и солености здесь минимальны; донные отложения — пелиты, с весьма высоким содержанием органики. Уровень загрязнения не критичен на всей изученной акватории: TPF > 2,8 был отмечен лишь

на одной станции у западного побережья полуострова Муравьева-Амурского (A16, 3,0). Однако степень повреждения среды на исследованной акватории довольно заметна: на участке обитания сообщества C. crassicorne она изменяется от легкой до умеренной, для L. longifolia — от слабой до сильной, для A. pacifica + P. harmeri + D. dawsoni — от интактной до умеренной.

Итак, на исследованной акватории северной части Амурского залива зафиксированы три сообщества донных животных – C. crassicorne, L. longifolia и A. pacifica + P. harmeri + D. dawsoni. Первое и третьи из них довольно богаты видами и разнообразны, хотя по общей плотности поселения явно уступают второму. Вторая группировка «угнетена» в явно больше степени: в некоторых точках опробования (1n, 2n)она сильно повреждена и имеет плохой экологический статус. Дифференциация указанных сообществ происходит вдоль градиентов естественных факторов среды – глубины, гранулометрического состава донных отложений и содержания органического углерода, причем высокие концентрации и выраженные градиенты последнего имеют естественные причины (см. далее раздел 3.7). Следует подчеркнуть, что исследованный район явно не является интактным, находясь вблизи Владивостока и других населенных пунктов, хотя его донное население и не испытывает столь серьёзного антропогенного пресса, как «внутренние» акватории города (бухты Золотой Рог и Диомид, пролив Босфор Восточный).

3.6 Восточная часть пролива Босфор Восточный (бухта Патрокл и прибрежье острова Русский)

На исследованной акватории найдено 146 видов макрозообентоса, принадлежащих к 11 таксономическим группам. По числу видов доминировали многощетинковые черви, далее следовали двустворчатые моллюски и амфиподы, соответственно 84, 20 и 18 видов, или 57,5, 13,7 и 12,3 % от общего числа найденных видов. Брюхоногие моллюски были представлены 11 видами, десятиногие раки – 5 (7,5 и 3,4 %), остальные группы включали по 1–2 вида. Чаще других встречались полихеты и бивалвии (на всех станциях), за ними следовали гастроподы и амфиподы (встречаемость соответственно 56,7 и 43,3 %). По биомассе преобладали двустворчатые моллюски (40,6 % общей биомассы), по плотности поселения – полихеты (79,7 %), причем доля последних в общей биомассе (36,8 %) была лишь немногим меньше, чем у первых; вклад остальных групп был в разы меньше. По общему количеству видов донное население бухты Патрокл беднее, чем бентос у острова Русского (соответственно 71 и 104 вида, относящихся к 10 и 9 таксономическим группам). Это обеднение в основном связано с пятикратным снижением числа видов амфипод, брюхоногих моллюсков и десятиногих раков. По числу видов на обеих акваториях

доминировали полихеты (49 и 56 видов), далее в бухте Патрокл следовали двустворчатые моллюски, а у о. Русского — амфиподы (9 и 16). Абсолютную встречаемость в бухте Патрокл показали многощетинковые черви и двустворчатые моллюски, а у о. Русского — еще и гастроподы. По плотности на обеих акваториях доминировали полихеты (67,1 и 84,5 % общей плотности), а по биомассе — они же и двустворчатые моллюски, причем без существенных различий в величине этого показателя (30–38 %).

Среди найденных видов макрозообентоса чаще других встречался двустворчатый моллюск Ennucula tenuis (73,3 % станций), за ним следовали многощетинковые черви G. maculata, S. armiger, Eulalia bilineata, L. longifolia, G. capitata, M. sarsi (> 50 %). Самой многочисленной была полихета D. cardalia (357 ± 142 экз./м², вклад в общую численность – 27.7 %, встречаемость -43.3 %), далее с заметным отставанием следовали *M. sarsi* и L. longifolia (>90 экз./м², доля -7.9 и 7.2 %). По вкладу в общую биомассу лидировал довольно редкий (13,3 %) двустворчатый моллюск *Protocallithaca adamsi* (10,0 \pm 9,6 г/м². доля в общей биомассе - 11,2 %), за ним следовали O. sarsii и другой представитель бивалвий — Macoma scarlatoi (8,9±3,7 и 8,6±8,3 г/м2, доля 9,9 и 9,5 %, встречаемость 36,7 и 3,3 %). Биомасса остальных видов макрозообентоса была менее 6 г/м 2 (< 6,5 %). В бухте Патрокл чаще других встречалась *E. tenuis*, более чем на половине станций были обнаружены G. maculata, S. armiger и O. sarsii. Самой многочисленной была O. sarsii $(102\pm45 \text{ экз./м}^2, \text{ вклад в общую численность} - 17,1 %), она же вносила наибольший вклад$ в общую биомассу, но лишь немного ей уступал M. scarlatoi (14,5 \pm 5,9 и 14,3 \pm 13,9 г/м², доля -15,6 и 15,4 %, встречаемость последнего -5,6 %). У острова Русского G. capitata была найдена на всех станциях, на 11 из 12 станций наблюдались E. bilineata, L. longifolia и D. cardalia, при этом на половине из них и более встречались еще 18 видов макрозообентоса, среди которых следует отметить M. sarsi и A. pacifica (встречаемость соответственно 58,3 и 50,0 %). По плотности абсолютным доминантом здесь был D. cardalia (889 \pm 317 экз./м² и 38,2 %), по биомассе – P. adamsi (25,1 \pm 2,2 и 29,4 %, встречаемость 33,3 %).

По плотности поселения и биомассе найденных видов макрозообентоса обследованные станции могут быть объединены в четыре группы, имеющие среднее внутригрупповое сходство 31,9–43,4 % (рисунок 3.11) и бухту-ловушку Житкова со специфической фауной:

- I. Кутовая и западная часть бухты Патрокл (*P10*, *14*, *15* и *17*);
- II. Центральная и устьевая часть бухты Патрокл (*P1-9*, *11* и *18*);
- III. Средняя прибрежная часть бухты Патрокл (P12, 13 и 19);
- IV. Прибрежье о-ва Русский (R3-14);

V. Бухточка Житкова (R1).

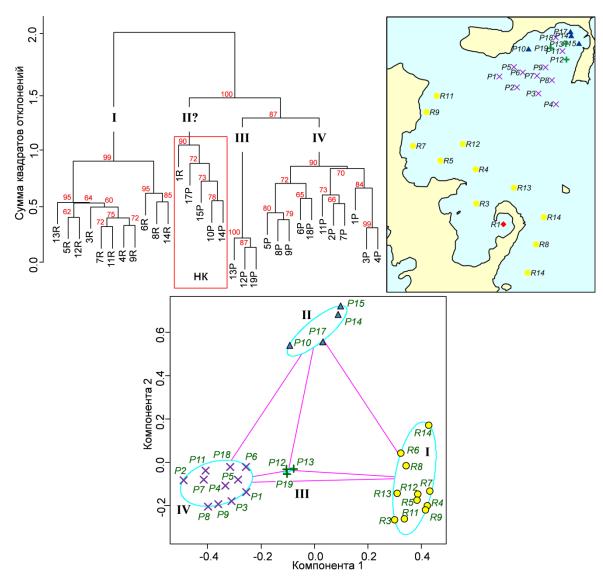


Рисунок 3.11 — Дендрограммы сходства станций по видовому составу макрозообентоса, полученные методом Варда (ward.D2), на основе биомассы видов макрозообентоса (метрика — коэффициент Брея-Кёртиса, преобразование — корень 4 степени), группировка станций алгоритмом нечеткой классификации (компоненты 1 и 2 объясняют 35.0 % изменчивости) и распределение сообществ макрозообентоса на исследованной акватории. В узлах дендрограмм приведены наилучшие оценки несмещенных бутстреп-вероятностей (красный); нк — нерасклассифицированные станции. Римские цифры— выделяемые сообщества; розовые линии соединяют групповые центроиды

Использование в процедуре кластерного анализа плотности вместо биомассы дает те же результаты, различающиеся только порядком агломерации станций в полученных кластерах. Станция в бухточке Житкова была исключена из анализа алгоритмом нечетких множеств в связи с экологической специфичностью этого участка изученной акватории (см. далее). Такое разбиение подтверждается, в целом, результатами процедуры *ANOSIM* и теста Мантеля, хотя вклад «географического» фактора несколько выше (что обусловлено отчетливой пространственной дифференциацией точек отбора проб на две подобласти – см.

рисунок 3.11), чем суммы экологических переменных (таблица 3.26, 3.27). В то же время значимое влияние на обилие видов макрозообентоса суммы факторов среды свидетельствует об экологической обусловленности их агломерации (таблица 3.27). Таким образом, выделенные группировки I–IV, в соответствии с определением, являются сообществами. Эти сообщества, за исключением третьего, заметно связаны друг с другом, причем не только внутри бухты Патрокл: доля станций с повышенными значениями степени принадлежности «чужим» кластерам велика у групп I, II и IV (таблица А.11). Это станции *R6*, *R8*, *R14*, *P1*, *P5*, *P6*, *P7* и *P17*.

Таблица 3.26 – Результаты процедуры ANOSIM (общая статистика R=0,843 и 0,889, p=0,000, число перестановок – 353000 и 76000)

<u>r</u> -,,,,,		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
Сравниваемые	Статистика <i>R</i>	Уровень	Число возможных	Действительное число
группы	Статистика К	значимости	перестановок	перестановок
I–II	0,798/0,882	0,003	364	364
I–III	0,704/0,852	0,100	10	10
I–IV	1,000/1,000	0,003	364	364
II–III	0,562/0,630	0,003	364	364
II–IV	0,932/0,919	0,000	352716	352716
III–IV	0,998/0,953	0,003	364	364

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы (где есть отличия)

Таблица 3.27 — Результаты теста Мантеля для оценки статистической значимости связи обилия видов макрозообентоса с факторами среды и пространственным расположением (число перестановок — 999)

Chopyripo on to Morrowsky who to Mario	Статистика	95-% доверительные	р (при
Сравниваемые матрицы дистанций	Мантеля <i>r</i>	интервалы <i>r</i>	рандомизации)
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\}$	0,312/0,365	<u>0,166÷0,458</u>	0,001
(Фикторы среды Е)	0,312/0,303	0,232÷0,498	0,001
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Расположение в	0,385/0,387	$0,265 \div 0,505$	0,001
пространстве G }	0,363/0,367	$0,271 \div 0,503$	0,001
$\{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\} \sim \{$ Расположение в	0,457	0,316÷0,598	0,001
пространстве G }	0,437	0,510:0,578	0,001
Связь между тремя матрицами S , E и G	0,166/0,230	0,017÷0,315	0,040/0,004
одновременно	0,100/0,230	0,092÷0,368	0,040/0,004

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы

В группе I абсолютным фаворитом по вкладам в обе характеристики обилия является D. cardalia. Основной вклад во внутригрупповое сходство станций группы II по обоим показателям обилия вносят A. insignis и S. inflatum, причем по плотности отличия в их роли невелика (таблица A.12). В группе III по плотности первое место занимает полихета Nicolea sp., второй идет E. tenuis и в долях процента от него -S. inflatum и G. maculata; первый по биомассе -E. tenuis, второй -Nicolea sp., далее недалеко друг от друга и от лидеров -G. maculata и S. inflatum. В группе IV лидерами по плотности, с небольшим отрывом друг от друга, являются S. armiger, O. sarsii и бивалвия Ennucula tenuis; по биомассе фавориты - те же три вида, но S. armiger и O. sarsii меняются местами.

Таким образом, выделенные агломерации следует рассматривать как сообщества D. cardalia, A. insignis + S. inflatum, E. tenuis + Nicolea sp. + S. inflatum + G. maculata (для краткости, в названии оставим только первые два вида) и S. armiger + O. sarsii + E.tenuis. Воздействие фактора «кластер» статистически значимо для большинства общих параметров сообществ, исключение — биомасса (таблица 3.28).

Таблица 3.28 — Количественные и структурные характеристики сообществ макрозообентоса, выделенных на акватории пролива Босфор Восточный в 2006–2007 гг.

Marcposoot	макрозоооентоса, выделенных на акватории пролива восфор восточный в 2000–2007 гг.							
Параметр	I. D. cardalia	II. A. insignis		IV. O. sarsii	V. <i>P</i> .	В среднем	K-W	
Параметр	1. D. caraana	+ S. inflatum	+ Nicolea sp.	+ S. armiger	adamsi	Б среднем	тест	
R	<u>29±1</u>	<u>10±6</u>	<u>17±4</u>	<u>11±1</u>	11	19±2	0,000	
Λ	24–36	2–19	11–22	6–17	11	19±2	0,000	
A,	2529 ± 553	453,3±326,2	457,8±81,3	703,9±120,5	122.2	1200 - 240	0.000	
экз./м ²	880,0–7173,3	93,3–973,3	333,3–560,0	226,7–1467	133,3	1289±348	0,000	
<i>В</i> , г/м ²	65,47±10,11	68,09±26,26	48,56±6,53	104,86±25,60	204.97	00.0+17.2	0.207	
D , 17M	27,45–142,16	39,23–109,99	39,39–57,85	22,56–301,39	304,87	90,0±17,3	0,307	
Η',	3,48±0,19	2,52±0,95	3,76±0,30	2,59±0,20	2.25	3,08±0,19	0,019	
бит/экз.	2,27–4,16	0,99–3,53	3,35-4,20	1,34–3,36	3,25	3,00±0,19	0,019	
	$0,720\pm0,044$	$0,909\pm0,054$	$0,931\pm0,032$	0,753±0,046	0,938	$0,787\pm0,0$	0,013	
e	0,443-0,908	0,832-0,985	0,881–0,969	0,520-0,943	0,936	36	0,013	
\overline{W}	0,074±0,030	0,424±0,125	0,320±0,128	0,145±0,056	0,669	$0,194\pm0,0$	0,011	
VV	-0,048-0,213	0,243-0,597	0,112–0,446	-0,066–0,590	0,009	51	0,011	
AMDI	2.72 ± 0.16	1.62±0.15	2.14±0.16	1.88±0.09	4.40*	2.27±0.13	0.001	
AMBI	2.23-3.76	1.36-1.94	1.89-2.33	1.05-2.42	4.40	2.27 ± 0.13	0,001	
M AMDI	0.777 ± 0.026	0.684 ± 0.088	0.765 ± 0.023	0.671±0.031	0.220*	0.706±0.0	0.041	
M-AMBI	0.616-0.863	0.457-0.777	0.735-0.799	0.503-0.792	0.230*	26	0,041	
ПЭС	9,3	_	_	14,0	_	11,7	-	

^{*} при вычислении использована биомасса.

Примечание — В числителе — среднее значение и ошибка репрезентативности, в знаменателе — пределы изменчивости, K-W — Крускала-Yоллиса.

В группировке І *D. cardalia* абсолютную встречаемость показали сам *D. cardalia*, а также *G. capitata* и *E. bilineata*, причем первый доминировал как по плотности, так и по биомассе (970 \pm 349 экз./м² и 12,8 \pm 4,5 г/м², вклад в общую плотность и биомассу – 38,4 и 19,5 %). Следующие за ним *M. sarsi* и *L. longifolia* давали всего примерно по 8 % плотности (встречаемость соответственно 63,6 и 90,9 %); второй вид по биомассе — *М. uzenensis* (встречаемость – 54,5 %) – вносил 12,8 %, третий — все тот же *М. sarsi* – около 7 %. Группировка характеризуется наибольшим среди выделенных сообществ средним числом видов и плотностью на фоне средней биомассы, весьма высокого значения индекса Шеннона-Винера и самых низких — индекса Пиелу и статистики Кларка (таблица 3.28). Это очень богатая видами и разнообразная ассоциация (R=29 \pm 1, H'=3,48 \pm 0,19) с умеренно выровненным распределением видов по рангам (e=0,720 \pm 0,044), в котором

доминирование относительно крупных животных выражено незначительно $(W=0,074\pm0,030)$. Всего в сообществе найдено 102 вида макрозообентоса, среди которых отмечено много позитивных индикаторов загрязнения: это и сам *D. cardalia*, и другие виды разной встречаемости – *A. pacifica*, *C. setosa*, *Sch. japonica*, *C. capitata* (встречаемость – 54,5, 72,7, 18,2 и 9,1 %, вклад в общую численность и биомассу <1 %). Экологический статус бентоса изменяется от хорошего до высокого. Сильная положительная связь плотности поселения отдельных видов с общей плотностью отмечена у девяти видов, а таковая индивидуальных биомасс с общей биомассой – у 10 (ПЭС – 9,3 %).

В сообществе II A. insignis + S. inflatum первый титульный вид имел 100-% встречаемость, а второй – был найден на 75 % станций. S. inflatum был абсолютным доминантом по плотности, а A. insignis – вторым $(93\pm68 \text{ и } 50\pm11 \text{ экз./м}^2, 23,0 \text{ и } 12,3 \% \text{ от$ общей плотности). По биомассе доминировал A. insignis, a S. inflatum шел третьим, пропустив вперед *E. cordatum*, который был найден всего на четверти станций (38,3±7,0, $28,9\pm28,9$ и $5,1\pm3,3$ г/м², 40,8, 30,8 и 5,4 % от общей биомассы). Данное сообщество характеризуется наименьшими среди остальных ассоциаций средним числом видов и индексом Шеннона-Винера на фоне весьма высоких значений индекса Пиелу, W-статистики Кларка, довольно низкой общей плотности и умеренной биомассы (таблица 3.28). Это умеренно богатое видами, но разнообразное сообщество ($R=10\pm6$, $H'=2,52\pm0,95$) с идеально выровненным распределением видов по рангам ($e=0.909\pm0.054$), в котором преобладают крупные животные ($W=0.424\pm0.125$). Всего в группировке идентифицировано 23 вида, позитивные индикаторы загрязнения не выявлены. Статус сообщества A. insignis + S. inflatum варьирует от умеренного до высокого. Значения плотности поселения и биомассы у большинства найденных видов сильно и положительно коррелируют с общими величинами этих показателей (в среднем для двух проб на станции – по 18 случаев у каждого, ПЭС – 82,6 %).

В группировке III *E. tenuis* + *Nicolea* sp. четыре вида – *S. inflatum*, *Nicolea* sp., *G. maculata* и *E. tenuis* – встречались на всех станциях, однако лишь первый из них вносил заметный вклад в обилие донного населения, занимая второе место по плотности $(40\pm20~{\rm sk3./m^2},~{\rm skлад}-8,7~\%)$. Лидировал по этому показателю *L. longifolia* $(62\pm49~{\rm sk3./m^2},~{\rm skлад}-13,6~\%,~{\rm scтречаемость}-66,7~\%)$, а по биомассе – немертина *Cerebratulus marginatus* $(8,0\pm4,6~{\rm r/m^2},16,6~{\rm u}~66,7~\%)$. Следует отметить, что *L. longifolia* отсутствовал на станции, где были найдены неидентифицированные фрагменты червей этого рода (*Lumbrineris* sp.), что с большой вероятностью свидетельствует и о его абсолютной встречаемости. Данное сообщество характеризуется наибольшим среди группировок бухты Патрокл средним числом видов, очень высокими величинами экологических индексов и большим значением

статистики Кларка на фоне минимальной среди остальных сообществ биомассы и умеренной плотности (таблица 3.28). Это богатое видами и очень разнообразное сообщество (R=17±4, H'=3,76±0,30) с идеально выровненным распределением видов по рангам (e=0,931±0,032), в котором, как и в предыдущем, отчетливо доминируют относительно крупные животные (W=0,320±0,128). В группировке идентифицировано 32 вида, среди которых позитивных индикаторов загрязнения не выявлено. Экологический статус сообщества A. insignis варьирует от хорошего до высокого. Более чем у трети найденных видов связи индивидуальных плотностей и биомасс с общей численностью и биомассой были весьма заметными (в среднем для двух проб на станции – по 11 случаев для обоих показателей; ПЭС – 34,3 %).

В ассоциации IV O. sarsii + S. armiger видов с абсолютной встречаемостью не найдено, но O. sarsii и S. armiger были отмечены на 10 из 11 станций: первый отсутствовал на станции 6P, второй — на станции 11P. O. sarsii доминировал как по общей плотности, так и по биомассе $(167\pm74\ \text{экз./m}^2\ \text{и}\ 23,6\pm9,4\ \text{г/m}^2,\ 41,3\ \text{и}\ 25,3\ \%)$, S. armiger следовал сразу за ним по плотности (107 ± 24 экз./м² и 26,3%), а по биомассе второе место занимал редкий в этой группировке M. scarlatoi (23,4±24,5 г/м², 24,9 % и 9,1 %); S. armiger шел четвертым $(8,7\pm2,4\ \Gamma/M^2,\ 9,3\ \%)$, пропустив еще одну редкую бивалвию *M. calcarea* $(8,9\pm9,3\ \Gamma/M^2,\ 9,5\ \%)$ и 9,1 %). По плотности и биомассе это сообщество заметно превосходит группировку A. insignis + S. inflatum, на фоне примерно таких же среднего числа видов и индекса Шеннона-Винера, но меньших значений индекса Пиелу и статистики Кларка (таблица 3.28). Это умеренно богатое видами, но разнообразное сообщество ($H'=2.59\pm0.20$) с выровненным распределением видов по рангам ($e=0.753\pm0.046$), в котором преобладают относительно крупные организмы (W=0,145 \pm 0,056). Всего в группировке найдено 50 видов, из которых у 10 – индивидуальные плотности поселения и у четырех – биомассы сильно и положительно связаны с общей численностью и биомассой (ПЭС – 14,0 %). Позитивные индикаторы загрязнения не обнаружены, статус изменяется от умеренного до высокого.

На станции в бухточке Житкова (R1) найдена специфическая ассоциация донной фауны с доминированием по плотности поселения L. longifolia и гастроподы $Bela\ erosa$ (40 и 27 экз./ m^2), а по биомассе – P. adamsi (297 г/ m^2). Всего на этой станции зафиксировано 11 видов животных, среди которых, как ни странно, не найдено позитивных индикаторов загрязнения. Экологический статус донной фауны – обедненный.

После процедуры последовательного сокращения переменных, в искомой модели осталось четыре фактора — глубина, уровень химического загрязнения осадков и нагрузки

факторов*, контролирующих накопление мелко и среднепесчаной фракций (GrL_1 и GrL_3). В результате, статистически значимыми оказались сама модель в целом, включение в нее всех перечисленных переменных и две оси ССА (рисунок 3.12, таблица 3.29). Следует отметить, что включение в модель TPF обусловлено только «суровыми» условиями в бухте Житкова (станция RI), тогда как на остальной части района работ существенные градиенты загрязнения отсутствуют; исключение данной точки опробования «отсеивает» этот показатель (результаты не приводятся).

Таблица 3.29 — Результаты ССА: дисперсионный анализ (ANOVA) для полных моделей, моделей с уменьшенным числом параметров и статистическая оценка их параметров по отдельности, влияния краевых эффектов и значимости осей

Параметр	Число степеней свободы	χ ²	F	p		
Общая мо	дель: Корень 4 стег	ени из биомассы ~		$L_1 + GrL_3$		
Модель	4	1.486	1.775	0.001		
Остатки	25	5.232				
	Последо	вательное включени	ие (тип I)			
Глубина	1	0.349	1.667	0.001		
TPF	1	0.466	2.224	0.037		
GrL_1	1	0.393	1.878	0.001		
GrL_3	1	0.278	1.329	0.055		
Остатки	25	5.232				
	Кра	евые эффекты (тип	III)			
Глубина	1	0.328	1.566	0.003		
TPF	1	0.459	2.191	0.033		
GrL_1	1	0.371	1.770	0.002		
GrL_3	1	0.278	1.329	0.043		
Остатки	25	5.232				
Оси						
CCA_1	1	0.485	2.316	0.030		
CCA_2	1	0.466	2.224	0.001		
CCA_3	1	0.306	1.460	0.069		
CCA ₄	1	0.230	1.098	0.290		
Остатки	24	5.232				

Примечание — χ^2 — критерий согласия хи-квадрат; F — расчетная величина критерия Фишера; Pr — вероятность справедливости H_0 о статистической незначимости модели или включении в нее переменных; CCA1—5 — шкалы (размерности), полученные при помощи канонического анализа соответствий (CCA), GrL_1 и GrL_3 — нагрузки факторов, контролирующих накопление соответственно мелко и среднезернистой фракций псаммитов.

79

^{*} Подробнее см. [47, 65].

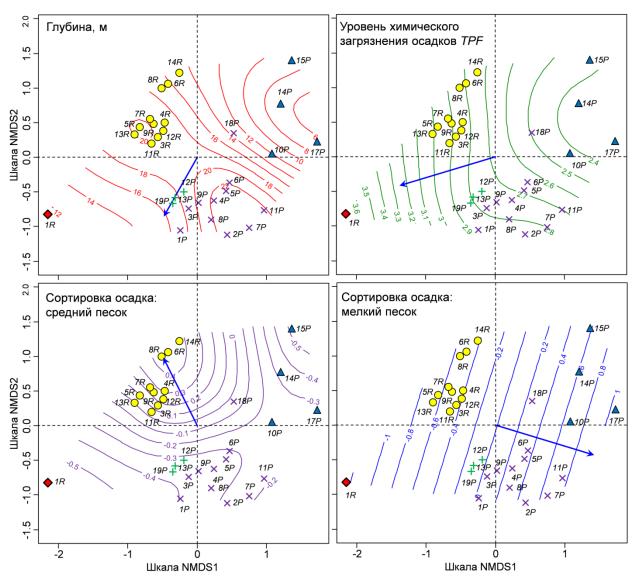


Рисунок 3.12 — Ординация станций методом *NMDS* (квадратный корень из биомассы) и результаты подгонки поверхностей для факторов среды

Состояние среды в местах расположения найденных ассоциаций донной фауны варьировало от интактного до умеренно нарушенного, причем снижение ее качества явно было следствием загрязнения отдельных участков исследованной акватории. Сообщество D. cardalia наблюдалось в широком диапазоне глубин (10-26 м) на довольно загрязненном участке исследованной акватории ($TPF=2,9\pm0,1$, первый критический уровень превышен на 8 из 11 станций) и на различных грунтах (от гравия песчаного до алеврита пелитового) (таблица 3.30). Сообщества A. insignis + S. inflatum и E. tenuis + Nicolea sp. обнаружены на глубинах до 12 м примерно при одинаковом загрязнении ($TPF=2,3\pm0,3$ и $2,5\pm0,1$), на заиленных песчаных грунтах (пески алевритовые), однако первое из них приурочено к глубинам 6-9 м, а второе - к 11-12 метров. Сообщество O. sarsii + S. armiger встречалось главным образом на глубинах 18 м и более (8 из 11 станций). Уровень загрязнения здесь примерно такой же, как и на участке, занимаемом сообществом D. $cardalia - TPF=2,8\pm0,1$ (первый критический уровень превышен на 5 из 11 станций), а донные отложения

представлены заиленным песком, часто с существенной примесью псефитовых фракций. «Группировка» P. adamsi сформировалась при загрязнении, превышающем второй критический уровень (TPF=3,2) на сильно заиленных грунтах.

Таблица 3.30 – Параметры среды и сообщества макрозообентоса

Сообщество	Глубина, м	Содержание частиц <0,1 мм, %	Содержание частиц 1,0— 0,1 мм, %	Содержание частиц >1,0 мм, %	<i>TPF</i> , усл. ед.	Преобладающий тип донных отложений*
I. D. cardalia	19 (10–26)	47,5 (3,4–93,2)	43,2 (6,8–92,3)	9,3 (0,0–65,4)	2,9 (2,2–3,2)	Алевриты песчаные (0,278)
II. A. insignis + S. inflatum	8 (6–9)	25,8 (4,0–47,4)	73,3 (51,0–95,2)	1,0 (0,5–1,6)	2,3 (2,0–2,8)	Пески алевритовые (0,105)
III. E. tenuis + Nicolea sp.	12 (11–12)	24,1 (8,6–35,6)	75,7 (64,2–91,4)	0,2 (0,0–0,5)	2,5 (2,4–2,6)	Пески алевритовые (0,103)
IV. S. armiger + O. sarsii + E. tenuis	22 (7–30)	33,1 (5,8–79,7)	58,4 (6,7–82,4)	8,6 (0,2–45,6)	2,8 (2,4–3,2)	Пески алевритовые (0,196)
V. P. adamsi	12	87,8	12,2	0,0	4,0	Алевриты пелитовые (0,020)

^{*} В скобках для типа осадков приведен средний размер зерен (мм).

Примечание — Для каждого параметра среды приведено среднее значение и диапазон изменений (в скобках).

В результате, в бухте Патрокл и у острова Русского обнаружены четыре сообщества макрозообентоса — A. insignis + S. inflatum, O. sarsii + S. armiger, E. tenuis + Nicolea sp. и D. cardalia. Кроме того, в бухте Житкова отмечена специфическая группировка P. adamsi. Эти сообщества в большинстве случаев весьма разнообразны и характеризуются довольно высокими показателями обилия. Они формируются, главным образом, в неповрежденных или слабо поврежденных местообитаниях и обладают хорошим и даже высоким экологическим статусом. Исключение – бухта Житкова, где биотоп обедненного сообщества P. adamsi заметно поврежден в результате антропогенного воздействия. Дифференциация большинства указанных сообществ происходит вдоль градиентов естественных факторов среды глубины гранулометрического состава донных отложений, однако четкая дифференциация сообществ I и IV отсутствует. Таким образом, естественные факторы среды на исследованной акватории являются ведущими в развитии группировок донных организмов, несмотря на близость самой загрязненной акватории залива Петра Великого – бухт Золотой Рог и Диомид.

3.7 Прибрежье Владивостока (2016 г.)

На исследованной акватории найдено 117 видов макрозообентоса, принадлежащих к 18 таксономическим группам. По числу видов доминировали многощетинковые черви, далее следовали двустворчатые моллюски и амфиподы, соответственно 58, 13 и 11 видов, или 49,6, 11,1 и 9,4 % от общего числа найденных видов. Брюхоногие моллюски были представлены 6 видами, десятиногие раки − 5, немертины − 4 (5,1, 4,3 и 3,4 %), остальные группы включали по 1−3 вида. Чаще других встречались полихеты (на всех станциях) и бивалвии (70 %), за ними следовали офиуры, гастроподы и форониды (встречаемость ≥40,0 %). По биомассе преобладали двустворчатые моллюски (43,6 % общей биомассы), по плотности поселения − полихеты (49,6 %); обильны были и форониды − 24,0 и 37,7 % соответственно от биомассы и плотности; в создании общей биомассы значительную роль играли усоногие раки − 15,6 %; вклад большинства остальных групп был в разы меньше.

Среди найденных видов чаще других встречался многощетинковый червь L. longifolia (76,6 % станций), за ним следовали офиура O. sarsii и другая полихета – M. sarsi (по 60 %), затем – другие представители этого класса животных – S. armiger, A. pacifica, G.maculata, S. bassi и двустворчатый моллюск E. tenuis (≥50 %). Самыми многочисленными были два представителя форонид, один из которых не был определен до вида (P. harmeri и Foronidae gen. sp.; соответственно 401 ± 280 и 328 ± 231 экз./м², вклад в общую численность – 20,7 и 16,9 %, встречаемость -20 и 10 %), далее следовал M. sarsi (266 ± 130 экз./м² и 13,7%), затем, с заметным отставанием – O. sarsii, A. pacifica и D. cardalia (>110 экз./м², доля – 7.7, 7.3 и 5.9 %, встречаемость последнего -30 %). По вкладу в общую биомассу лидировал уже указанный вид форонид – P. harmeri (82.4 \pm 64.2 г/м², доля в общей биомассе – 21.8 %). за ним следовал довольно редкий (6,7 %) усоногий рак *Balanus rostratus*, которого вряд ли можно отнести к представителям макрозообентоса рыхлых грунтов (58.9 ± 42.4 и 15.6 %), затем – двустворчатые моллюски Arca boucardi, Anadara broughton и M. scarlatoi $(47,0\pm47,6,43,1\pm43,8$ и $36,6\pm20,3$, вклад -12,5,11,4 и 9,7 %, встречаемость -6,7,3,3 и 13,3%). И еще у двух видов – O. sarsii и другого представителя бивалвий – $Gregariella\ difficilis$ биомасса превысила 10 г/m^2 ($14,1\pm3,9 \text{ и } 12,7\pm12,8, \text{ доля } 3,7 \text{ и } 3,4 \%, \text{ встречаемость}$ последнего -3.3%). Средняя биомасса остальных видов макрозообентоса была менее 9 г/m^2 (<2,5%).

По биомассе видов на уровне 95-% несмещенных бутстреп-вероятностей обследованные станции могут быть объединены в пять кластеров (рисунок 3.13). Еще один кластер выделяется с вероятностью 92 %, а станции 2, 4, 9 и 16 Амурского залива остаются нерасклассифицированными. Применение процедуры нечеткой классификации

показывает, что станция *а9* сильнее всего «притягивается» к кластеру IV, а остальные – к кластеру VI (рисунок 3.13, таблица А.13). Таким образом, все обследованные станции группируются в 5 кластеров, имеющие среднее внутригрупповое сходство 19,2–55,2 %:

- I. Бухты Золотой Рог и Диомид *Z1*, *Z7*, *Z11*, *Z12* и *Z22*;
- II. Пролив Босфор Восточный и устье бухты Улисс Z14, Z18, Z19 и Z23;
- III. Относительно открытые районы Амурского и Уссурийского заливов а34, а47, а50, а62 и и11, и17, и20, и40, и43, и55, и57, и59;
- IV. Прибрежье полуострова Эгершельда и центральная северная часть Амурского залива– *a9*, *a26* и *a35*;
- V. Внутренние акватории Амурского и Уссурийского заливов a2, a4, a16, u6, u13 и u21.

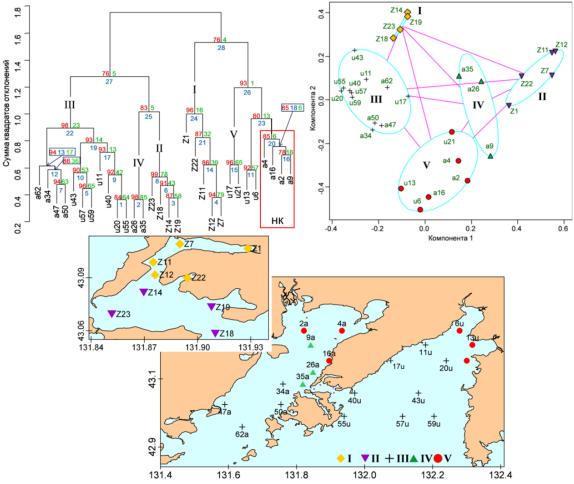


Рисунок 3.13 — Дендрограмма сходства станций по видовому составу макрозообентоса, полученная методом Варда (ward.D2, метрика — коэффициент сходства Брея-Кертиса) на основе биомассы животных (преобразование — корень четвертой степени), группировка станций алгоритмом нечеткой классификации (компоненты 1 и 2 объясняют 31.8 % изменчивости) и распределение выделенных сообществ на исследованной акватории. В узлах дендрограммы приведен порядковый номер агломерации, приближенные и несмещенные оценки вероятности появления узла (соответственно синим, зеленым и красным цветом), римские цифры — ветви с доверительной вероятностью >95% и группировки, нк — нерасклассифицированные станции; розовые линии соединяют групповые центроиды

Использование в процедуре кластеризации плотности поселения и биомассы видов дает идентичные результаты, различающиеся только порядком агломерации станций в полученных кластерах и бутстреп-вероятностями. Такое разбиение подтверждается результатами процедуры *ANOSIM* и теста Мантеля (таблица 3.31, 3.32). Определяющее и значимое влияние на обилие видов макрозообентоса оказывает сумма факторов среды, роль пространственной локализации проявляется в гораздо меньшей степени (а для плотности значима лишь на маргинальном уровне) и, следовательно, их агломерация (видов и станций, по обилию первых) обусловлена экологически (таблица 3.32). Таким образом, выделенные группировки I–V, в соответствии с определением, являются сообществами. При этом нельзя сказать, что сообщества четко разграничены: доля станций с повышенными значениями принадлежности «чужим» кластерам довольно велика, а станция *и17* вообще принадлежит к группам I и II примерно в равной степени (таблица А.13).

Таблица 3.31 — Результаты процедуры ANOSIM (общая статистика R = 0.728 и 0.731, p = 0.001, число перестановок — 999)

Сравниваемая	Статистика <i>R</i>	Уровень	Число возможных	Действительное
группа	Статистика К	значимости, %	перестановок	число перестановок
1–2	0,663/0,725	1,6/0,8	126	126
1-3	0,973/0,971	0,1	6188	999
1–4	0,431/0,503	3,6/1,8	56	56
1–5	0,781/0,803	0,2	462	462
2-3	0,443/0,467	0,5/0,2	1820	999
2–4	0,944	2,9	35	35
2–5	0,738/0,742	0,5	210	210
3-4	0,821/0,830	0,2	455	455
3–5	0,797/0,765	0,1	18564	999
4-5	0,370/0,358	4,8/ 7,1	84	84

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы (где есть различия); p – вероятность справедливости нулевой гипотезы H_0 R=0; жирным шрифтом – выделены вероятности >5 %.

Таблица 3.32 — Результаты теста Мантеля для оценки статистической значимости связи обилия видов макрозообентоса с факторами среды и пространственным расположением (число перестановок — 999)

Спортироди за матрини писточний	Статистика	95-% доверительные	р (при
Сравниваемые матрицы дистанций	Мантеля <i>r</i>	интервалы r	рандомизации)
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Факторы среды	0,660/0,657	$0,517 \div 0,803$	0,001
$\{\mathbf{E}\}$	0,000/0,037	0,495÷0,819	0,001
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Расположение в	0,153/0,127	0,008÷0,298	0,042/0,070
пространстве \mathbf{G} }	0,133/0,127	-0,017÷0,271	0,042/0,070
$\{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\} \sim \{$ Расположение	-0,045	-0,231÷0,141	0,623
в пространстве \mathbf{G} }	-0,043	-0,231 · 0,141	0,023
Связь между тремя матрицами S, E и	0,676/0,669	0,523÷0,829	0,001
G одновременно	0,070/0,009	0,524÷0,814	0,001

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы (где есть различия), p – вероятность справедливости нулевой гипотезы H_0 r=0.

Основной вклад во внутригрупповое сходство станций группы I, как по плотности, так и по биомассе, вносят полихеты A. pacifica и C. capitata (таблица A.14). В группе II по плотности лидирует офиура O. sarsii, а по биомассе — двустворчатый моллюск M. scarlatoi, в группе III почти одинаковые вклады по плотности и биомассе наблюдаются у L. longifolia, S. armiger и E. tenuis, но опережает эти виды по обоим показателям O. sarsii. В группе IV и по обеим характеристикам обилия первое место занимает P. harmeri, в группе V - M. sarsi. Очевидно, выделенные группы следует рассматривать как сообщества A. pacifica + C. capitata, O. sarsii + M. scarlatoi, O. sarsii + L. longifolia + S. armiger + E. tenuis (для краткости оставим первые два вида), P. harmeri и M. sarsi. Влияние фактора «кластер» оказалось значимо для большинства показателей, кроме индекса Пиелу и статистики Кларка (таблица 3.33).

Таблица 3.33 – Количественные и структурные характеристики сообществ макрозообентоса на исследованной акватории

		сследованног	1				17 117
Параметр	I. A.pacifica +		III. O. sarsii +	IV.P. harmeri	V.M. sarsi	В среднем	K-W
1 1	C. capitata	scarlatoi	L. longifolia			1	тест
R	<u>4±1</u>	<u>22±4</u>	<u>21±1</u>	<u>15±1</u>	<u>10±3</u>	16±2	0,001
Λ	1–6	16–33	13–30	13–17	6–22	10±2	0,001
A , экз./м 2	619±225	1589±501	2539±875	4957±2473	558±143	1938±453	0,023
A, 3K3./M	10–1275	915–2860	235–8975	1045–7780	150–935	1930± 4 33	0,023
B , Γ/M^2	16,3±11,2	382,5±123,4	216,1±99,5	894,0±650,7	738,4±494,8	377,3±117,9	0.023
<i>D</i> , 1/M	0,1–55,7	121,4–581,2	5,7–1235	97,5–1902	5,4–2695	3//,3±11/,9	0,023
Η',	<u>0,80±0,31</u>	2,66±0,23	2,79±0,22	1,52±0,80	<u>1,69±0,51</u>	2,09±0,20	0,008
бит/экз.	0,00-1,58	2,30–3,16	1,56–3,58	0,84-2,83	0,48–3,52	2,09±0,20	0,008
0	0,331±0,120	0,603±0,052	0,637±0,049	<u>0,384±0,189</u>	0,535±0,139	0,536±0,043	0.126
e	0,000-0,613	0,533-0,732	0,340-0,829	0,220-0,692	0,185-0,902	0,550±0,045	0,120
W	<u>-0,063±0,060</u>	<u>0,127±0,031</u>	0,076±0,053	<u>0,049±0,016</u>	<u>0,160±0,080</u>	0,073±0,029	0.222
VV	-0,174-0,099	0,049-0,173	-0,186-0,355	0,029-0,074	-0,055-0,374	0,073±0,029	0,232
AMBI	5,19±0,39	2,74±0,31	1,95±0,08	3,39±0,38	1,81±0,13	2,71±0,24	0,000
AWDI	4,27–6,00	2,14-3,44	1,64–2,54	2,99–3,99	1,52–2,20	2,71±0,24	0,000
M-AMBI	<u>0,180±0,057</u>	<u>0,724±0,060</u>	0,770±0,029	0,489±0,065	0,553±0,066	0,594±0,044	0.000
IVI-/AIVIDI	0,012-0,263	0,620-0,868	0,573-0,920	0,434-0,595	0,417–0,837	U,J7 4 ±U,U 14	0,000
ПЭС	38,5	34,4	11,0	30,0	31,3	26,9	_

Примечание — В числителе — среднее значение \pm ошибка репрезентативности, в знаменателе — диапазон изменчивости; K-W-Kрускала-Yоллиса.

Сообщество I *A. pacifica* + *C. capitata* характеризуется наименьшими среди остальных группировок средними величинами числа видов, биомассы, индексов Шеннона-Винера и статистики Кларка и, в тоже время, довольно высокой плотностью поселения (таблица 3.33). Это очень бедная группировка (R=4±1, H'=0,80±0.31) с плохо выровненным ранговым распределением видов (e=0.331±0.120), в которой преобладают относительно мелкие животные (W=-0.063±0.060). Всего в ассоциации найдено 13 видов,

среди которых чаще других встречались *A. pacifica* и *C. capitata* (80,0 %), причем первый доминировал по плотности (338 \pm 215 экз./м²). По биомассе лидировал относительно редкий *Nereis* sp. (частота встречаемости – 40 %, биомасса – 9.6 \pm 10,3 г/м²). На долю видов – позитивных индикаторов загрязнения и эвтрофикации (5 из 13) приходится около 96 и 98 % от общей плотности и биомассы сообщества. Экологический статус сообщества варьирует от плохого до обедненного. Плотности и биомассы отдельных видов сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в шести и четырех случаях (ПЭС – 38,5 %).

Для группировки $II\ O.\ sarsii + M.\ scarlatoi$ характерны более высокие значения всех биотических параметров (таблица 3.33). Всего в ней отмечено 45 видов беспозвоночных, а 9 из них – A. pacifica, Chaetozone setosa, Eteone longa, G. capitata, L. longifolia, S. armiger, Sch. japonica, M. scarlatoi и O. sarsii имели 100-% встречаемость, по плотности – лидировал O. sarsii (619 \pm 271 экз./м²), по биомассе – M. scarlatoi (274,9 \pm 97,6 г/м²). Это богатое видами и разнообразное сообщество $(R=22\pm4,$ $H'=2.66\pm0.23$) c умеренно выровненным распределением видов по рангам ($e=0.603\pm0.052$) и доминированием относительно крупных животных ($W=0.127\pm0.031$) (таблица 3.33). На долю положительных индикаторов загрязнения приходится почти 31% от общей плотности, но только 2,6% от биомассы. Экологический статус группировки изменяется от хорошего до высокого. Плотности и биомассы отдельных видов сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в 23 и восьми случаях (ПЭС – 27,8 %).

Ассоциация III *O. sarsii* + *L. longifolia* – третья по обилию макрофауны, почти такая же богатая видами, как вторая (R=21 \pm 1), и самая разнообразная по ее составу (H'=2.79 \pm 0.22). Ранговое распределение видов – умеренно выровненное (e=0.645 \pm 0.053), а статистика Кларка изменяется в очень широких пределах, в среднем (W=0,076 \pm 0,053) указывая на слабое преобладание относительно крупных животных (таблица 3.33). Общее число видов – 86, причем четыре из них (титульные) найдены во всех пробах. Самый многочисленный вид – Phoronidae gen. sp., найденный только на 3 из 11 станций (895 \pm 627 экз./м²), доминант по биомассе – *В. rostratus* (1 станция, 100,0 \pm 104,8 г/м²). Вклад положительных индикаторов загрязнения в общие показатели не превышает соответственно 1 и 0.1%. Экологический статус сообщества варьирует от хорошего до высокого. Плотности и биомассы отдельных видов сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в восьми и 11 случаях (ПЭС – 11.0%).

Сообщество IV P. harmeri показывает самые высокие значения параметров обилия, но существенно уступает ассоциации O. sarsii + S. armiger + E. tenuis в разнообразии

донных животных (таблица 3.33). Всего в группировке обнаружено 25 видов, причем 5 из них — $P.\ harmeri$ (абсолютный доминант как по плотности, так и по биомассе — $4000\pm2392\ \text{экз./m}^2$ и $822.8\pm640.0\ \text{г/m}^2$), $A.\ pacifica,\ Sch.\ japonica,\ S.\ inflatum,\ M.\ sarsi$ — были найдены во всех пробах. Выраженное доминирование мелких форонид обуславливает не только низкие значения статистики Кларка (0.049 ± 0.016), но и таковые индексов H^c и e (соответственно 1.52 ± 0.80 и 0.384 ± 0.189): это умеренно богатое видами ($R=15\pm1$) и бедное в информационном отношении сообщество, в котором доминирование сравнительно крупных животных выражено незначительно. Вклад положительных индикаторов загрязнения в общую плотность и биомассу несколько больше, чем в предыдущем сообществе, и составляет почти 11 и чуть более 1 %. Экологический статус этой ассоциации меняется от умеренного до хорошего. Существенная положительная связь плотностей отдельных видов с общей численностью отмечена у семи животных, индивидуальных биомасс — у восьми (ПЭС — 30,0).

Ассоциация V *М. sarsi* имеет весьма высокую биомассу при относительно небольшой плотности и числе видов в пробе (таблица 3.33). В среднем, это умеренно богатое видами, но бедное сообщество с плохо выровненным ранговым распределением видов ($R=10\pm3$, $H'=1.56\pm0.61$, $e=0.461\pm0.142$) и преобладанием относительно крупных представителей донной фауны ($W=0.146\pm0.099$), причем все эти параметры крайне изменчивы. В группировке найдено 36 видов, но только *М. sarsi* была встречена на всех станциях, доминируя по плотности (442 ± 183 экз./м²), а наибольшие средние биомассы были отмечены у редких двустворчатых моллюсков *А. boucardi* и *А. broughtoni* (280.9 ± 314 и 258.5 ± 289 , встречаемость – 20 %). Положительные индикаторы загрязнения наблюдались единично. Экологический статус варьирует от умеренного до высокого. Существенная положительная связь плотностей отдельных видов с общей численностью отмечена у семи животных, индивидуальных биомасс – у 18 (ПЭС – 31,3).

Для данных 2016 г. (биомасса) итоговая модель включает общий уровень химического загрязнения донных отложений, параметр, характеризующий терригенный (речной) сток, летнее (минимальное) содержание кислорода у дна (соответственно TPF, MeF_2 , O_2) и глубину. При анализе плотности вместо TPF в модель «встраивается» параметр PoF_1 , идентичный ему по смыслу, а значимость включения O_2 становится маргинальной. Результаты дисперсионного анализа суммированы в таблице 3.34: статистически значимыми оказались сама модель в целом, включение в нее указанных выше переменных и две первые оси ССА из четырех. Однако, для содержательной интерпретации, число параметров можно снизить, если внимательно проанализировать на структуру факторных осей (данные не приводятся). Каждую ось формируют по две переменные с близкими по

величине, стремящимися к единице, но противоположными по знаку весовыми коэффициентами, и можно оставить всего две переменные, например TPF и MeF_2 . Или TPF и глубину (как интегральный фактор, характеризующий гидрологический режим, что не всегда верно) и т.д. Следовательно, состав, структура и состояние макрозообентоса на исследованной акватории определяются, прежде всего, уровнем химического загрязнения и особенностями придонного гидрологического режима, который во многом обусловлен интенсивностью терригенного стока.

Таблица 3.34 – Результаты ССА: дисперсионный анализ (ANOVA) для полных моделей, моделей с сокращенным числом параметров и статистическая оценка их термов по отдельности, влияние краевых эффектов и значимость осей (число перестановок – 999)

Параметр	Df	$\frac{1}{\gamma^2}$	F	Pr(>F)			
1 1	Общая модель: $Bt4/At4\sim Depth+TPF/PoF_1+MeF_2+O_2$						
Модель	4	1,495/1,285	1,764/1,917	0,001			
Остатки	25	5,296/4,191					
	Последо	вательное включен	ие (тип I)				
Глубина	1	0,463/0,342	2,187/2,041	0,001			
TPF/PoF_1	1	0,356/0,398	1,679/2,374	0,006/0,001			
O_2	1	0,302/0,211	1,423/1,260	0,020/0,073			
MeF_2	1	0,375/0,334	1,769/1,992	0,002/0,001			
Остатки	25	5,296/4,191					
	Кра	евые эффекты (тиг	п III)				
Глубина	1	0,340/0,267	1,605/1,593	0,002/0,004			
TPF/PoF_1	1	0,315/0,307	1,485/1,830	0,016/0,001			
O_2	1	0,302/0,211	1,423/1,260	0,021/0,065			
MeF_2	1	0,341/0,285	1,608/1,702	0,004/0,002			
Остатки	25	5,296/4,191					
	Оси						
CCA1	1	0,549/0,464	2,590/2,767	0,001			
CCA2	1	0,416/0,392	1,963/2,339	0,001			
CCA3	1	0,272/0,229	1,284/1,369	0,153/0,063			
CCA4	1	0,259/0,200	1,221/1,192	0,071/0,139			
Остатки	25	5,296/4,191					

Примечание — В числителе — результаты для биомассы, в знаменателе — для плотности; χ^2 — критерий согласия хи-квадрат; F — расчетная величина критерия Фишера; Pr — вероятность справедливости H_0 о статистической незначимости модели или включении в нее переменных; CCA1—4 — шкалы (размерности), полученные при помощи канонического анализа соответствий (CCA).

Сообщество I *A. pacifica* + *C. capitata* развивается в бухтах Золотой Рог и Улисс, где местообитания умеренно и сильно нарушены, исключительно при экстремальном и высоком уровне химического загрязнения и низком содержании кислорода у дна, причем не только в летний период. Именно эти факторы, судя по результатам ССА и NLMS, имеют ведущее значение для его дифференциации (рисунок 3.14, таблица 3.35). Соседствующая с ней группировка II *O. sarsii* + *M. scarlatoi* (пролив Босфор Восточный) привязана к большим глубинам, более аэробным условиям и меньшему уровню

загрязнения, хотя и превышающему второй критический уровень на 3 станциях из четырех; состояние местообитаний изменяется от слегка до умерено нарушенного. Ассоциация III O. sarsii + S. armiger + E. tenuis формируется в открытых районах Амурского и Уссурийского заливов, где для большинства станций характерен низкий уровень загрязнения, концентрации кислорода в придонном слое воды относительно высоки даже летом, а в целом, биотопы здесь лишь слегка повреждены. Другая черта акватории, занимаемой этой группировкой – довольно низкая доля частиц тонких фракций (<0,01 мм).

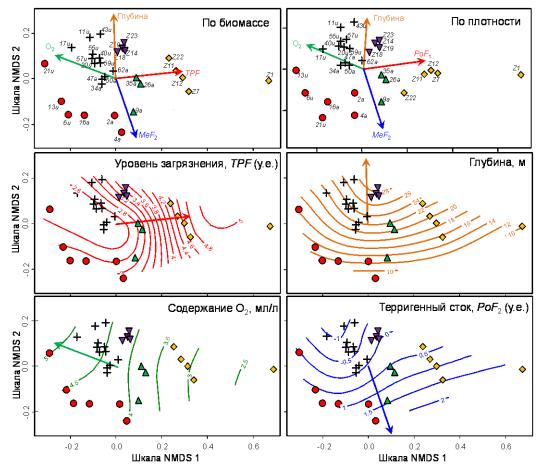


Рисунок 3.14 — Результаты процедуры неметрического многомерного шкалирования (NMDS) (преобразование — корень 4 степени, стресс — 0,138 и 0,136 соответственно для биомассы и плотности), градиенты основных факторов среды и ординация станций методом NMDS (по биомассе) с результатами подгонки поверхностей для факторов среды

Сообщество IV *P. harmeri* приурочено к области выраженной летней гипоксии (рисунок 3.14). Этот дефицит кислорода возникает из-за микробиологического окисления избыточной биомассы диатомовых водорослей в условиях слабой динамики вод и при низкой интенсивности фотосинтетически активной радиации [66]. Соответственно, в конце периода цветения фитопланктона и сразу после него, на этом участке может наблюдаться кратковременное, но сильное (в разы) повышение содержания органического углерода в донных осадках [62]. Эти процессы ведут к ухудшению качества среды на

данном участке района работ. Группировка V *М. sarsi* явно приурочена к областям повышенного влияния терригенного стока, что отражается, в частности в очень высоком содержании частиц тонких фракций, хотя средняя глубина здесь минимальна, как и невелика степень повреждения морской среды. Подробнее дифференциация сообществ макрозообентоса, найденных в 2016 г., будет рассмотрена в разделе 4.

Таблица 3.35 – Параметры среды и сообщества макрозообентоса

Сообщество	Глубина, м	Содержание частиц <0,1 мм,	Содержание Сорг., мг/г	<i>ТРF</i> , усл. ед.	Содержание О2, мл/л
I A nacifica C capitata	17	53,8	5,68	4,6	3,05
I. A. pacifica + C. capitata	(9-24)	(43,2–62,5)	(3,66-10,20)	(4,0-5,0)	(2,09-4,15)
II. O. sarsii + M. scarlatoi	31	47,4	3,84	3,7	4,06
\mathbf{n} . \mathbf{o} . $\mathbf{sars} \mathbf{n} + \mathbf{m}$. $\mathbf{scart} \mathbf{a} \mathbf{o} \mathbf{n}$	(27-37)	(40,6-52,3)	(2,78-4,90)	(3,0-4,0)	(3,52-4,54)
III O sansii + I longifolia	23	19,6	1,13	2,6	4,76
III. O. sarsii + L. longifolia	(12-38)	(11,0-39,8)	(0,11-3,47)	(1,8-3,8)	(3,96-5,73)
IV. P. harmeri	21	49,9	3,45	2,5	3,36
IV. F. narmeri	(17-25)	(42,2-59,1)	(3,08-4,03)	(2,4-2,8)	(2,58-3,79)
V. M. sarsi	12	55,5	1,79	2,7	4,48
v. W. Sarsi	(5–18)	(45,6–69,6)	(0,77-3,14)	(1,8-3,2)	(2,96-5,23)

Примечание — Для каждого параметра среды приведено среднее значение и диапазон изменений (в скобках).

Таким образом, суммируя результаты ССА, NMDS и анализа дифференциации выявленных сообществ относительно факторов среды, можно сделать вывод, что состав, структура и состояние макрозообентоса на исследованной акватории определяется, прежде всего, уровнем химического загрязнения и особенностями придонного гидрологического режима. Последний во многом обусловлен интенсивностью терригенного стока, что особенно заметно в Амурском и северной части Уссурийского залива.

Итак, на прибрежных акваториях Владивостока в 2016 г. найдено пять сообществ макрозообентоса — A. pacifica + C. capitata, O. sarsii + M. scarlatoi, O. sarsii + L. longifolia + S. armiger + E. tenuis, P. harmeri и M. sarsi. За исключением первого и четвертого, эти сообщества богаты в видовом отношении, весьма разнообразны, характеризуются довольно высокими показателями обилия и приурочены, главным образом, к неповреждённым или слабо нарушенным местообитаниям, обладая хорошим и высоким экологическим статусом. Естественные факторы среды на исследованной акватории являются ведущими в развитии большинства группировок донных организмов, несмотря на близость самого загрязненного участка залива Петра Великого — бухт Золотой Рог и Диомид. Развитие группировки A. pacifica + C. capitata обусловлено спецификой экстремально загрязненной акватории, где за счет контаминации и стока подогретых вод из системы охлаждения Владивостокской ТЭЦ-2 в придонном слое воды наблюдаются пониженные концентрации O_2 и развитие процессов

гниения, что еще больше усугубляет дефицит кислорода. Ассоциация *P. harmeri* формируется на участке, где в результате гипоксии «обычное» донное население, повидимому, элиминируется, а его место занимают эти форониды, дающие вспышки численности при умеренном повышении содержания органического углерода [64].

3.8 Прибрежье Владивостока (2018 г.)

На исследованной акватории найдены 154 вида макрозообентоса, принадлежащих к 20 таксономическим группам. По числу видов доминировали многощетинковые черви, далее следовали двустворчатые моллюски и амфиподы, соответственно 65, 28 и 20 видов, или 42,2, 18,2 и 13,0 % от общего числа найденных видов. Брюхоногие моллюски и десятиногие раки были представлены 6 видами (3,9), остальные группы включали по 1–3 вида. Чаще других встречались полихеты (на всех станциях) и бивалвии (93,8 %), за ними следовали немертины, гастроподы, разноногие раки и офиуры (встречаемость — 56,5–87,5 %). По биомассе преобладали двустворчатые моллюски (41,3 % от общей биомассы), по плотности поселения — полихеты (60,6 %); вклад большинства остальных групп был в разы меньше.

Среди найденных видов чаще других встречался многощетинковый червь L longifolia (100 % станций), за ним следовали M. sarsi и S. bassi (по 87,5 %), затем — неопределенные до вида немертины, N. latericeus, G. capitata, O. sarsii, P. argentata, A. insignis, A. catherinae, S. armiger (≥ 50 %). Самыми многочисленными были довольно редкие амфиподы Pontoporeia furcigera (505 ± 440 экз./ M^2 , вклад в общую численность — 15,0 %, встречаемость — 12,5 %), далее следовали M. sarsi и L. longifolia (429 ± 192 и 360 ± 97 экз./ M^2 , 12,8 и 10,7%), затем — A. pacifica, P. harmeri, O. sarsii, D. cardalia, A. insignis (в среднем 114-248 экз./ M^2 , 3,4-7,4 % и 12,5-37,5 % для впервые упомянутых в этом разделе видов). По вкладу в общую биомассу лидировал двустворчатый моллюск $Macoma\ calcarea\ (78,9\pm45,6\ \Gamma/M^2$, доля в общей биомассе — 19,8 %, встречаемость — 43,8 %), за ним следовал редкий (12,5%) P. $harmeri\ (64,9\pm66,8$ и 16,2%), далее — еще одна бивалвия $Protothaca\ jedoyensis\ (32,2\pm22,6\ \Gamma/M^2$, 8,1 и 37,5 %), затем еще семь видов разной встречаемости и средней биомассой более 10,8 Γ/M^2 — M. sarsi, A. pectinifera, O. sarsii, серый морской еж $Strongylocentrotus\ intermedia$, A. insignis, немертины и еще одна двустворка $Dosinia\ angulosa$. Средняя биомасса остальных видов макрозообентоса была менее 9 $\Gamma/M^2\ (<2,2$ %).

Как по плотности, так и по биомассе видов макрозообентоса обследованные станции могут быть объединены в четыре группы, имеющие уровень внутригруппового сходства 29,1–70,1 % (рисунок 3.15):

I. Станции у западного побережья полуострова Муравьева-Амурского (A24 и A16);

- II. Станции внутренних областей Амурского и Уссурийского заливов (A11, A12, A52 и U104):
- III. Станции открытых районов Амурского и середины Уссурийского заливов (A28, A35, A37, U16, U100, U103, U105 и U106);
- IV. Станции открытого района Уссурийского залива (*U108* и *U208*).

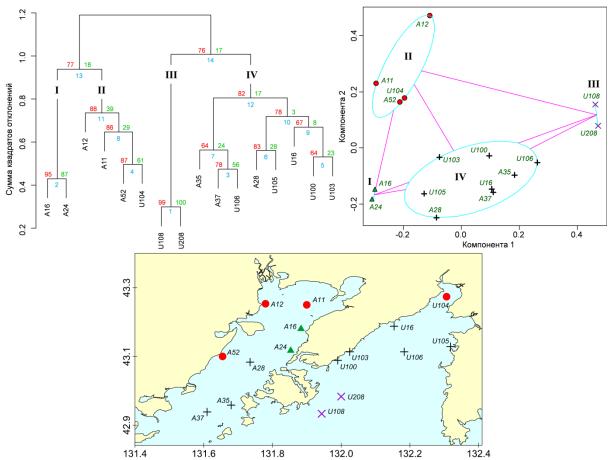


Рисунок 3.15 — Дендрограмма сходства станций по видовому составу макрозообентоса, полученная методом Варда (ward.D2) с использованием коэффициента сходства Брея-Кертиса (преобразование — корень четвертой степени) на основе плотности донных животных, группировка станций алгоритмом нечеткой классификации (компоненты 1 и 2 объясняют 40.5 % изменчивости) и распределение выделенных сообществ на исследованной акватории. В узлах дендрограммы приведены порядковые номера агломерации, приближенные и несмещенные оценки бутстреп-вероятностей (соответственно серым, зеленым и красным цветом); римские цифры — выделяемые сообщества; розовая линия соединяет групповые центроиды

Разделение точек опробования на четыре кластера подтверждается результатами процедуры *ANOSIM* (кроме групп I и III, включающих всего по две станции) и теста Мантеля (таблица 3.36, 3.37). Определяющее и значимое влияние на обилие видов макрозообентоса оказывает сумма факторов среды и, следовательно, их агломерация (видов и станций, по обилию первых) обусловлена экологически (таблица 3.37). Влияние пространственной локализации не значимо с позиций статистики. Таким образом,

выделенные группировки I–IV, в соответствии с определением, являются сообществами. При этом группы I и II, II и IV довольно сильно «связаны» друг с другом: повышенные значения степени принадлежности «чужим» кластерам отчетлива у целого ряда станций (таблица A.15).

Таблица 3.36 – Результаты процедуры ANOSIM (общая статистика R = 0,681 и 0,730, p = 0,001, число перестановок – 999)

Сравниваемая группа	Статистика <i>R</i>	Уровень значимости, %	Число возможных перестановок	Действительное число перестановок
1–2	0,679/0,536	6,7	15	15
1–3*	1,000/1,000	33,3	3	3
1–4	0,569/0,728	2,2	45	45
2–3	1,000/0,964	6,7	15	15
2–4	0,658/0,719	0,2	495	495
3–4	0,560/0,612	2,2	45	45

^{*}В кластерах 1 и 3 всего по две станции.

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы (где есть различия); p — вероятность справедливости нулевой гипотезы H_0 R=0; жирным шрифтом – выделены вероятности >5 %.

Таблица 3.37 — Результаты теста Мантеля для оценки статистической значимости связи обилия видов макрозообентоса с факторами среды и пространственным расположением (число перестановок — 999)

(T			
Сравниваемые матрицы дистанций	Статистика	95-% доверительные	р (при
Сравниваемые матрицы дистанции	Мантеля <i>r</i>	интервалы r	рандомизации)
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Факторы среды	0,504/0.456	0,348÷0,660	0.001
$\{\mathbf{E}\}$	0,304/0.430	$0,283 \div 0,629$	0.001
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Расположение в	0.102/0.077	-0,095÷0,299	0.100/0.220
пространстве \mathbf{G} }	0.102/0.077	-0,110÷0,264	0.189/0,238
$\{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\} \sim \{$ Расположение	-0.036	-0,202÷0,130	0.616
в пространстве G }	-0.030	-0,202-0,130	0.010
Связь между тремя матрицами S, E и	0.510/0.461	0,340÷0,680	0.001
G одновременно	0.310/0.401	0,308÷0,614	0,001

Примечание — В числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы

Основной вклад во внутригрупповое сходство станций группы I по обеим характеристикам обилия вносит A. pacifica, рядом с ним и по плотности и по биомассе располагается D. cardalia; в группе II абсолютным лидером является L. longifolia (таблица А.16). В группе III по вкладам в плотность всех опережает полихета Praxillella gracilis, сразу за ней с отрывом в доли процента идут амфипода Protomedeia epimerata, G. capitata, другая полихета Owenia fusiformis и S. armiger. По биомассе вперед вырывается асцидия Pelonaia corrugata, второй следует P. gracilis, а далее, в долях процента — полихета Sternaspis scutata, бивалвия Yoldia keppeliana и все тот же S. armiger. В группе IV абсолютные фавориты по вкладам в оба показателя обилия являются следующие друг за другом O. sarsii и A. insignis. Таким образом, выделенные агломерации следует

рассматривать как сообщества A. pacifica + D. cardalia, L. longifolia, P. gracilis + P. corrugata и O. sarsii + A. insignis. При этом воздействие фактора «кластер» статистически значимо только для индексов Маргалефа, M-AMBI и, маргинально — для индекса Пиелу (таблица 3.38).

Таблица 3.38 – Количественные и структурные характеристики сообществ

макрозообентоса на исследованной акватории

Manpeseeeine		анной аквато		TT 0		77 777	
Параметр	I. A. pacifica	II. <i>L</i> .	III. P. gracilis		В среднем	K-W	
Параметр	+ D. cardalia	longifolia	+ P. corrugata A. insignis		Вереднем	тест	
R	<u>22±6</u>	<u>23±4</u>	<u>45±3</u>	<u>33±2</u>	31±2	0,023	
, A	16–27	16–29	42–47	24–40	31±2	0,023	
A , 9 k 3 ./ M^2	5438±1808	2276±665	2820±40	3531±670	3367±462	0.276	
А, ЭКЗ./М	3630–7245	790–4020	2780–2860	1675–7495	3307±402	0,276	
$B, \Gamma/M^2$	740,1±554,2	318,8±63,1	146,1±43,6	417,2±93,1	399,1±80,1	0.494	
D , 17M	185,8–1294,3	175,1–1294,3	102,5–189,6	81,6–883,0	399,1±80,1	0,484	
<i>H</i> ′, бит/экз.	2,40±0,71	2,85±0,40	4,47±0,09	2,91±0,32	3,02±0,41	0,133	
П, бит/экз.	1,69–3,12	1,70–3,53	4,38–4,56	0,83-3,70	3,02±0,41	0,133	
	$0,539\pm0,116$	$0,634\pm0,071$	0.816 ± 0.004	$16\pm0,004$ $0,575\pm0,062$		0,091	
e	0,423-0,656	0,426–0,726	0,812-0,821	0,169–0,716	$0,615\pm0,041$	0,091	
W	$0,047\pm0,025$	$0,128\pm0,045$	$0,090\pm0,051$	$0,082\pm0,022$	0,090±0,017	0,678	
\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	0,021-0,072	0,010-0,220	0,039-0,141	0,009-0,160	0,090±0,017	0,078	
AMBI	$3,26\pm0,58$	1,66±0,01	$1,79\pm0,01$	$2,14\pm0,24$	2,12±0,17	0,165	
AMDI	2,84–3,67	1,43–1,81	1,79–1,80	1,51–3,07	2,12±0,17	0,103	
MAMDI	$0,524\pm0,170$	$0,686\pm0,060$	$0,949\pm0,034$	$0,726\pm0,040$	0,719±0,038	0.053	
M-AMBI	0,407–0,642	0,556-0,797	0,925-0,973	0,498-0,853	0,719±0,038	0,033	
ПЭС	_	25,9	-	10,7	18,4	_	

Примечание — В числителе — среднее значение \pm ошибка репрезентативности, в знаменателе — диапазон изменчивости; K-W- Крускала-Уоллиса.

Сообщество I *A. pacifica* + *D. cardalia* характеризуется наибольшими среди остальных группировок средними плотностями поселения, биомассы, *AMBI* и наименьшими – средним числом видов в пробе, индексов Шеннона-Винера, Пиелу, *М-AMBI* и статистики Кларка (таблица 3.38). Это богатая видами, но умеренно разнообразная группировка (R=22±6, H'=2,40±0,71) с умеренно выровненным ранговым распределением видов (e=0,539±0,116), в которой преобладание относительно мелких или крупных животных слабо выражено (W=0,047±0,025). Всего в ассоциации найден 31 вид, из которых на обеих станциях встречены 12. По плотности доминировал *A. pacifica* и лишь немного ему уступал *P. harmeri* (1975±1662 и 1715±2312 экз./м²). По биомассе лидировал *P. harmeri*, следующий за ним *P. jedoyensis* имел почти в 7 раз более низкую биомассу (518.8±729,3 и 76.9±108,7 г/м²). На долю видов – позитивных индикаторов загрязнения и эвтрофикации – *A. pacifica*, *D. cardalia*, *Sch. japonica* приходится почти 45 % от общей численности донного населения, но всего около 6 % биомассы сообщества. В этом отношении *P. harmeri* скорее

представитель «среднего звена» — это вид, дающий вспышки численности при умеренном увеличении эвтрофикации и загрязнения [Мощенко, Белан, 2007; Отчет ДВНИГМИ, 2020]. Экологический статус группировки варьирует от умеренного до хорошего; определение ПЭС невозможно (2 станции).

Для группировки II L. longifolia характерны заметно более низкие средние плотности и биомассы на фоне примерно такой же величины индекса Маргалефа, как и у предыдущей ассоциации (таблица 3.38). Всего в ней отмечено 54 вида беспозвоночных, причем три из них — L. longifolia, P. argentata и S. bassi — найдены во всех точках опробования, и еще 22 обнаружены на половине и более станций. По плотности лидировал M. sarsi и лишь немного от него отставал титульный вид (720±635 и 686 ± 222 экз./м²), по биомассе – *P. jedovensis* (81,8±94,4 г/м²). Это богатое видами и $(R=23\pm4, H'=2.85\pm0.40)$ с умеренно разнообразное сообщество выровненным распределением видов по рангам ($e=0.634\pm0.071$) и доминированием относительно крупных животных ($W=0,128\pm0,045$) (таблица 3.38). Положительные индикаторы загрязнения представлены только Nereis sp. (доли процента от общей плотности и биомассы). Экологический статус сообщества изменяется от хорошего до высокого. Плотности и биомассы отдельных видов сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в 12 и 16 случаях (ПЭС – 25,9 %).

Ассоциация III P. gracilis + P. corrugata — самая богатая и разнообразная по составу макрофауны (R=45±3, H^{$^{\circ}$}=4,47±0,09). Ранговое распределение видов — выровненное (e=0,816±0,004), статистика Кларка изменяется в довольно широких пределах, но ее средняя величина (W=0,090±0,051) свидетельствует о слабой выраженности доминирования сравнительно крупных животных (таблица 3.38). Всего в сообществе зафиксировано 57 представителей донной фауны, причем 32 из них найдены на обеих станциях (включая, естественно, титульные). Самый многочисленный вид — P. gracilis (435±226 экз./м²), доминант по биомассе — P. corrugata (40,0±25,9 г/м²). Положительные индикаторы загрязнения не обнаружены. Экологический статус — высокий; определение ПЭС невозможно (2 станции).

Сообщество IV O. sarsii + A. insignis имеет довольно высокие значения параметров обилия, но существенно уступает ассоциации P. gracilis + P. corrugata в разнообразии донных животных (таблица 3.38). Всего в группировке обнаружено 117 видов, причем 4 из них -O. sarsii, A. insignis, L. longifolia и неидентифицированные немертины показали 100-% встречаемость, и еще 15 видов были найдены на половине и более обследованных станций. Абсолютный доминант по плотности - амфипода P. furcigera (1009 \pm 898 экз./м 2 ,

встречаемость — 25,0 %), по биомассе — M. calcarea (149.9±88.5 и 50,0). Выраженное доминирование мелких разноногих раков несколько снижает статистику Кларка (W=0,082±0,022) и индексы H и e (соответственно 2,91±0,32 и 0,575±0,062), но в то же время это очень богатое видами (R=33±2) и разнообразное сообщество. Положительные индикаторы загрязнения также довольно разнообразны — A. pacifica, C. setosa, C. cincta, C. cirratus, D. cardalia, $Nereis\ sp.$, $Sch.\ japonica$ — но их вклад в общие характеристики обилия невелик, хотя и заметен (около 10 %). Экологический статус группировки варьирует от умеренного до высокого. Существенная положительная связь плотностей отдельных видов с общей численностью отмечена у 9 животных, индивидуальных биомасс — у 16 (Π ЭС — 10,7).

Итоговая модель включает только две переменные – глубину и содержание органического углерода (таблица 3.39). Статистически значимыми оказались сама модель в целом, включение в нее перечисленных параметров и две оси ССА. Выделенные группировки сформировались, главным образом, в легко нарушенных местообитаниях. Сообщество I A. pacifica + D. cardalia приурочено к области выраженной летней гипоксии, с довольно высоким содержанием органического углерода и уровнем загрязнения (выше второго критического уровня на обеих станциях); грунты – алевриты пелитовые, глубины – 18-21 м (рисунок 3.16, таблица 3.40). Причины возникновения гипоксии рассмотрены в предыдущем разделе. Соседствующая с ней группировка II L. longifolia явно тяготеет к областям повышенного влияния терригенного стока, что отражается, в частности в очень высоком содержании частиц тонких фракций, хотя средняя глубина здесь минимальна (4–8 м); уровень загрязнения не превышает первого критического уровня. Группировка III Р. gracilis + P. corrugata приурочено к самой глубоководной части района работ (49-50 м), располагается на относительно чистых мелких песках с очень низкой концентрацией $C_{
m opt}$. Ассоциация IV O. sarsii + A. insignis формируется в открытых районах Амурского и Уссурийского заливов на глубинах 12-42 м, на разнообразных грунтах, главным образом, песках алевритовых, где для большинства станций характерен низкий уровень загрязнения и содержания органического углерода.

Таблица 3.39 — Результаты ССА для плотности донных животных: дисперсионный анализ (ANOVA) для полных моделей, моделей с сокращенным числом параметров и статистическая оценка их термов по отдельности, влияние краевых эффектов и значимость осей (число перестановок — 999)

Параметр	Df	χ^2	F	Pr(> <i>F</i>)					
Обі	щая модель: Корен	ь 4 степени из плотн	ости ~ Глубина + <i>С</i>	орг.					
Модель	2	0,821	1,994 0,001						
Остатки	13	2,675							
	Последо	овательное включени	ие (тип I)						
Глубина	1	0,494	2,402	0,001					
$C_{ m opr.}$	1	0,326	1,586	0,006					
Остатки	13	2,675							
	Кр	аевые эффекты (тип	III)						
Глубина	1	0.480	2.334	0,001					
C _{opr.}	1	0.326	1.586	0,008					
Остатки	13	2,675							
		Оси							
CCA1	1	0,505	2.456	0,001					
CCA2	1	0,315	1.533	0,003					
Остатки	13	2,675							

Примечание — $\chi 2$ — критерий согласия хи-квадрат; F — расчетная величина критерия Фишера; Pr — вероятность справедливости H_0 о статистической незначимости модели или включении в нее переменных; CCA1—2 — шкалы (размерности), полученные при помощи канонического анализа соответствий (CCA).

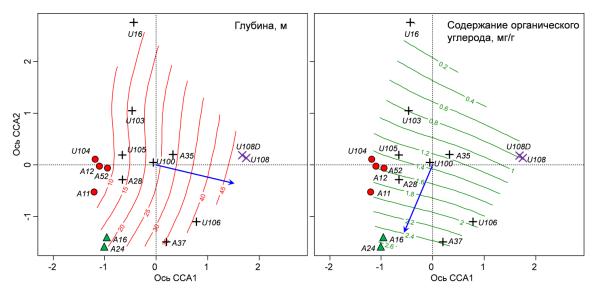


Рисунок 3.16 – Ординация станций методом ССА (корень четвертой степени из плотности) и результаты подгонки поверхностей для факторов среды

Таблица 3.40 – Параметры среды и сообщества макрозообентоса

		1	1		
Сообщество	Глубина, м	Содержание частиц <0,1 мм, %	Содержание $C_{\text{орг.}}$, мг/г	<i>TPF</i> , усл. ед.	Преобладающий тип донных отложений*
I. A. pacifica + D. cardalia	20 (18–21)	93,0 (89,9–96,1)	2,6 (2,5–2,8)	3,5 (3,4–3,6)	Алевриты пелитовые (0,029)
II. L. longifolia	7 (4–8)	92,6 (88,0–99,3)	1,6 (1,4–2,1)	2,5 (2,4–2,6)	Алевриты пелитовые (0,029)

Продолжение таблицы 3.40

Сообщество	Глубина, м	Содержание частиц <0,1 мм, %	Содержание $C_{\text{орг.}}$, мг/г	<i>TPF</i> , усл. ед.	Преобладающий тип донных отложений*
III. P. gracilis + P. corrugata	50 (49–50)	13,1 (12,3–14,0)	0,7 (0,6–0,8)	2,2	Мелкие пески (0,160)
IV. O. sarsii + A. insignis	24 (12–42)	42,4 (6,9–82,9)	1,4 (0,2–2,7)	2,4 (2,0-3,4)	Пески алевритовые (0,106)

^{*} В скобках для типа осадков приведен средний размер зерен (мм).

Примечание — Для каждого параметра среды приведено среднее значение и диапазон изменений (в скобках).

Итак, на прибрежных изученных в 2018 г. акваториях Амурского и Уссурийского заливов найдено четыре сообщества донных животных — A. pacifica + D. cardalia, L. longifolia, P. gracilis + P. corrugata и O. sarsii + A. insignis. Эти сообщества в большинстве случаев весьма разнообразны, богаты видами и характеризуются высокими показателями обилия; они располагаются, главным образом, в слабо поврежденных областях района работ и обладают, в основном, хорошим и высоким экологическим статусом. Дифференциация большинства указанных сообществ происходит вдоль градиентов естественных факторов среды — глубины и содержания органического углерода. Таким образом, естественные факторы среды на исследованной акватории являются ведущими в развитии группировок донных организмов.

3.9 Прибрежье Владивостока (2019 г.)

На исследованной акватории найдено 139 видов макрозообентоса, принадлежащих к 17 таксономическим группам. По числу видов доминировали многощетинковые черви, далее следовали двустворчатые моллюски и амфиподы, соответственно, 73, 27 и 10 представителей, или 52,5, 18,4 и 7,2 % от общего числа найденных видов. Брюхоногие моллюски и десятиногие раки были представлены 6 и 5 видами (4,3 и 3,6), остальные группы включали по 1–3 вида. Чаще других встречались полихеты (на всех станциях) и бивалвии (87,9 %), за ними следовали немертины, офиуры, гастроподы и разноногие раки (встречаемость — 36,4–78,8 %). По биомассе преобладали двустворчатые моллюски (47,7 % от общей биомассы), по плотности поселения — полихеты (83,7 %); вклад большинства остальных групп был в разы меньше.

Среди найденных видов чаще других встречался многощетинковый червь L. longifolia (81,8%), за ним следовали неопределенные до вида немертины, G. capitata, O. sarsii, (78,8, 75,8 и 72,9%), затем – N. latericeus, Sch. japonica, S. armiger, A. pacifica, S. bassi, D. cardalia, E. tenuis, G. maculata и M. sarsi (>50%). Самыми многочисленными были A. pacifica, D. cardalia и C. cincta (753 \pm 252, 575 \pm 448 и 419 \pm 412 экз./м 2 , вклад в

общую численность — 21,7, 16,6 и 12,1 %, встречаемость последнего — 24,2 %), далее следовали P. harmeri, L. longifolia, Sch. japonica, еще одна полихета $Asabellides\ sibirica$, M. sarsi и C. setosa (в среднем 120–284 экз./м², 3,5–8,2 % и 18,2–36,4 % для впервые упомянутых здесь видов).

По вкладу в общую биомассу лидировал двустворчатый моллюск M. scarlatoi $(66,6\pm24,5\ \Gamma/\text{m}^2,\ доля\ в$ общей биомассе $-25,3\ \%$, встречаемость $-24,2\ \%$), за ним следовал относительно редкий в изученном районе $(21,2\ \%)$ P. $harmeri\ (45,1\pm32,2\ u\ 17,2\ \%)$, далее -P. $adamsi\ (28,2\pm20,2\ \Gamma/\text{m}^2,\ 10,7\ u\ 33,3\ \%)$, затем -D. cardalia, O. $sarsii\ u\ S$. inflatum, чьи биомассы и вклады были уже в разы ниже $(11,6-13,9\ \Gamma/\text{m}^2,\ 4,4-5,3\ \%)$. Средняя биомасса остальных видов макрозообентоса была менее $10\ \Gamma/\text{m}^2\ (<3,7\ \%)$.

Обследованные станции могут быть объединены в три группы, имеющие уровень внутригруппового сходства 33,7–47,5 % (рисунок 3.17):

- I. Станции, опробованные, главным образом, у восточного побережья полуострова
 Муравьева-Амурского и в восточной прибрежной части пролива Босфор Восточный
 (и17, и40, U103, U100, P4, R3, R4, R8, R9, R13, Z18, Z24 и Z25);
- II. Станции в основном восточной части пролива Босфор Восточный и у западного побережья полуострова Муравьева-Амурского (A24, a35, P2, Z14, Z15, Z16, Z19, Z20, Z21 и Z23);
- III. Станции бухт Золотой Рог и Диомид (*Z1*, *Z2*, *Z3*, *Z4*, *Z7*, *Z11*, *Z12* и *Z22*).

В целом, такое разбиение подтверждается результатами процедуры ANOSIM и теста Мантеля (таблица 3.41, 3.42). Однако сообщества I и II не имеют четкого разграничения, что видно даже по результатам иерархической агломерации: несмещенные оценки бутстрепвероятностей ни разу не достигли 95-% уровня. Целый ряд станций отчетливо притягивается не только к своему, но и «чужому» кластеру, причем даже при экспоненциальном весе ниже «штатного» минимума в 1.2 (таблица А.17). В то же время определяющее и значимое влияние на обилие видов макрозообентоса оказывает сумма факторов среды и, следовательно, их агломерация (видов и станций, по обилию первых) обусловлена экологически (таблица 3.42). Таким образом, выделенные группировки I–III, в соответствии с определением, являются сообществами. На обособление этих ассоциаций значимое влияние оказывает и пространственная локализация, причем явно в большей степени, чем на предыдущем полигоне.

Основной вклад во внутригрупповое сходство станций группы I по плотности поселения вносит L. longifolia, по биомассе - O. sarsii и вплотную к ним по обоим показателям идет M. sarsi (таблица A.18). В группе II по плотности лидирует все тот же L. longifolia, а по биомассе - M. scarlatoi; в кластере III и по плотности, и по биомассе первое

место занимает *A. pacifica*. Таким образом, выделенные агломерации следует рассматривать как сообщества *L. longifolia* + *M. sarsi*, *L. longifolia* + *M. scarlatoi* и *A. pacifica*. При этом воздействие фактора «кластер» статистически значимо для большинства общих параметров сообществ (исключение – индекс Пиелу и статистика Кларка) (таблица 3.43).

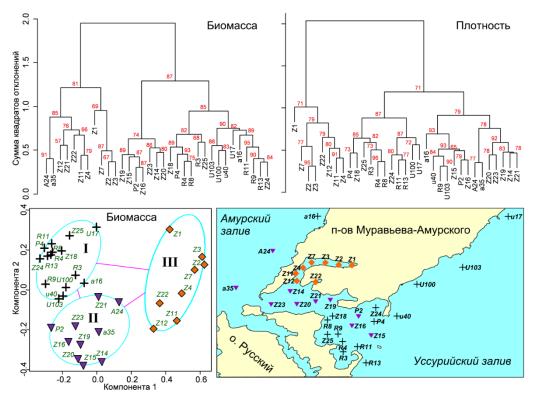


Рисунок 3.17 — Дендрограмма сходства станций по видовому составу макрозообентоса, полученная методом Варда (ward.D2) с использованием коэффициента сходства Брея-Кертиса на основе биомассы и плотности донных животных (преобразование — корень четвертой степени), группировка станций алгоритмом нечеткой классификации (компоненты 1 и 2 объясняют 36.2 % изменчивости) и распределение выделенных сообществ на исследованной акватории. В узлах дендрограммы приведены порядковые номера агломерации, приближенные и несмещенные оценки бутстреп-вероятностей (красным цветом); римские цифры — выделяемые сообщества; розовая линия соединяет групповые центроиды

Таблица 3.41 — Результаты процедуры ANOSIM (общая статистика R=0,706/0,686, p=0,001)

Сравниваемые	Статистика <i>R</i>	Уровень	число возможных	Действительное число
группы	Статистика К	значимости, %	перестановок	перестановок
1-2	0,517/0,465	0,1	2042975/3268760	999
1-3	0,827/0,944	0,1	735471/490314	999
2-3	0,914/0,755	0,1	24310/43758	999

Примечание — В числителе — для плотности, в знаменателе — для биомассы (где есть различия); p — вероятность справедливости нулевой гипотезы H_0 R=0.

Таблица 3.42 — Результаты теста Мантеля для оценки статистической значимости связи обилия видов макрозообентоса с факторами среды и пространственным расположением (число перестановок — 999)

Споринроми на мотрини и пистачний	Статистика	95-% доверительные	р (при	
Сравниваемые матрицы дистанций	Мантеля <i>r</i>	интервалы r	рандомизации)	
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\}$	0,508/0.495	$0.354 \div 0,662$	0.001	
$\{$ Ooutine видов $S\} \sim \{$ Факторы среды $E\}$	0,306/0.493	0,326÷0,664	0.001	
$\{$ Обилие видов $\mathbf{S}\} \sim \{$ Расположение в	0.260/0.282	$0.084 \div 0.436$	0.014/0,006	
пространстве G }	0.200/0.282	$0,122 \div 0,442$	0.014/0,000	
$\{\Phi$ акторы среды $\mathbf{E}\} \sim \{$ Расположение в	0.257	0,060÷0,454	0.014	
пространстве G }	0.237	0,000-0,434	0.014	
Связь между тремя матрицами S , E и G	0.473/0.456	$0,320 \div 0,626$	0.001	
одновременно	0.473/0.430	0,300÷0,612	0,001	

Примечание — в числителе – для плотности, в знаменателе – для биомассы

Таблица 3.43 — Некоторые общие характеристики сообществ макрозообентоса, выделенных на акватории, исследованной в 2019 г.

Параметр	I. L. longifolia + O. sarsii+ M sarsi	II. L. longifolia + M. scarlatoi	III. A. pacifica	В среднем	K-W TecT
R	27±2 16–43	24±2 15–32	12±2 2–22	22±2	0,001
A, экз./м ²	3112±1109 306–16934	3146±1162 414–10953	4548±2445 31-19710 2889±951* 31-6409*	3470±788	0,925
<i>B</i> , Γ/M ²	186,0±54,9 53,1–683,7			263.1±51.4	0,000
<i>H</i> ′, бит/экз.	2,83±0,22 1,05–4,15	2,92±0,27 1,81–4,20	1,45±0,21 0,65–2,31	2.53±0.17	0,002
e	0,606±0,044 0,194–0,798	0,648±0,057 0,414–0,893	0,505±0,102 0,157–1,000	0.594±0.034	0,252
W	0,040±0,026 -0,120–0,295	0,197±0,055 -0,081–0,456	-0,058±0,023 -0,160-0,048	0.083±0.027	0,026
AMBI	2,26±0,19 0,70–4,21	2,73±0,22 1,84–3,90	4,44±0,35 2,58–5,44	2.93±0.20	0,000
M-AMBI	0,670±0,026 0,529–0,871	0,620±0,029 0,507-0,751	0,306±0,042 0,142–0,479	0.566±0.032	0,000
ПЭС	11,5	6,5	32,1/41,9*	16,7/20,0*	_

^{*} Выбракована аномальная плотность *С. cincta* (станция *Z7*, 13406 экз./м 2).

Примечание — В числителе — среднее значение \pm ошибка репрезентативности, в знаменателе — диапазон изменчивости; K-W — Крускала-Уоллиса.

Среди выделенных ассоциаций, сообщество I *L. longifolia* + *O. sarsii* + *M. sarsi* характеризуется самым высоким индексом Маргалефа, хотя все остальные параметры примерно соответствуют таковым группировки II *L. longifolia* + *M. scarlatoi* (таблица 3.43). Это очень богатое видами и разнообразное сообщество (R=27±2, H'=2.83±0.22) с умеренно выровненным распределением видов по рангам (e=0.606±0.044); доминирование относительно крупных животных выражено слабо (W=0.040±0.026). Всего в нем отмечено 109 видов беспозвоночных; 16 из них были найдены на половине и более станций, при

этом чаще всех встречались первые два титульных вида и неопределенные до вида немертины (100 %). По плотности поселения лидировал D. cardalia (1162 \pm 100 экз./м², встречаемость -73.3%), причем, кроме него, у шести видов -A. sibirica, M. sarsi, L. longifolia, O. sarsii, S. bombyx, S. inflatum – плотность поселения превышала 100 экз./м² (102-317), а еще у двух E. tenuis и S armiger - приближалась к этой величине (99 и 98 экз./м²). Наибольшую среднюю биомассу создавал *P. adamsi* (38,7 \pm 39,6 г/м², встречаемость – 46,7 %), а у D. cardalia, O. sarsii, S. inflatum и M. sarsi она превышала 10 г/m^2 (14,2–28,3). Виды – позитивные индикаторы загрязнения разнообразны и весьма заметны – это D. cardalia, Sch. japonica, Nereis sp., C. cincta, C. setosa, A. pacifica; их вклад в общую численность превышает 40 % и достигает почти 16 % для биомассы. Экологический статус группировки изменяется OT умеренного ДО высокого. Индивидуальные плотности и биомассы сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в 20 и пяти случаях (ПЭС – 11,5 %).

Сообщество II L. longifolia + M. scarlatoi характеризуется слегка меньшим средним числом видов на станции и примерно такими же величинами других параметров, за исключением статистики Кларка (таблица 3.43). Это богатая видами и разнообразная группировка ($R=24\pm2$, $H'=2.92\pm0.27$) с умеренно выровненным ранговым распределением видов ($e=0.648\pm0.057$), в которой преобладают относительно крупные животные $(W=0.197\pm0.055)$. Всего в ассоциации найдено 77 видов (20 из них – на половине и более станций), среди которых чаще других встречались L. longifolia, N. latericeus и Sch. japonica (100,0%). По плотности доминировал A. pacifica, P. harmeri занимал второе место, а *C. setosa* замыкал тройку (995 \pm 490, 881 \pm 630 и 211 \pm 207 экз./м²); заметную плотность создавали L. longifolia, Sch. japonica, D. cardalia и S armiger (124–161 экз./м²). По биомассе лидировал *M. scarlatoi*, за ним следовал *P. harmeri* (219,4 \pm 58,6 и 148,6 \pm 105,8 г/м²), а биомасса их ближайшего преследователя P. adamsi была в 4-6 с лишним раза ниже $(34,9\pm35,8 \text{ г/m}^2)$. Позитивные индикаторы загрязнения и эвтрофикации почти те же, что и в предыдущей группировке и создают 48 % плотности, но всего около 5 % биомассы. Экологический статус сообщества варьирует от умеренного до высокого. Плотности и биомассы отдельных видов сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в девяти и одном случае (Π 9C – 6,5 %).

В группировке III *А. pacifica* обнаружено 39 видов макрофауны, причем титульный вид и *Sch. japonica* встречались чаще всех остальных (87,5 %); еще 8 представителей донной фауны были найдены на более чем половине станций. По большинству количественных характеристик это сообщество заметно уступает остальным, но превосходит их по плотности поселения (таблица 3.43). Это происходит из-за аномально высокой численности

С. cincta (станция Z7, 13406 экз./м²); при ее исключении общая численность остается высокой, но все же ниже, чем в других группировках. Это богатая видами, но бедная в информационном плане группировка (R=12±2, H'=1.45±0.21) с умеренно выровненным ранговым распределением видов (e=0.505±0.102), в которой несколько преобладают относительно мелкие животные (W=-0.058±0.023). По плотности в ней с большим отрывом лидируют A. pacifica, C. cincta и Sch. japonica (1850±741, 1725±1784 и 465±286 экз./м²), по биомассе — титульный вид, C. setosa и все тот же Sch. japonica (16,0±6,4, 7,1±7,3 и 4,8±3,0 г/м²). Позитивные индикаторы загрязнения и эвтрофикации крайне многочисленны — вклад в общую плотность — около 89 %, в биомассу — почти 49 %. Экологический статус группировки изменяется от плохого до умеренного. Плотности и биомассы отдельных видов сильно и положительно коррелировали с общими величинами параметров обилия соответственно в 15 и 16 случаях (Π ЭС* – 41,9 %).

Результаты дисперсионного анализа суммированы в таблице 3.44: статистически значимыми оказались сама модель в целом, включение в нее глубины, уровня химического загрязнения, содержания кислорода, фактора GrF_1 и две первые оси ССА из четырех (третья и четвертая — маргинально). Фактор GrF_1 контролирует аккумуляцию мелких алевритов и пелитов всех размерных классов.

Исследованный район примыкает к побережью Владивостока и является наиболее загрязненной акваторией Амурского и Уссурийского заливов: почти во всех точках опробования, кроме R11, TPF равен или превышает первое критическое значение, а на 25 из 33 станций – и второе. Степень повреждения мест обитания на участке, занимаемом сообществом I L. longifolia + O. sarsii + M. sarsi варьирует от ненарушенной до умеренно нарушенной. В районе формирования группировки II L. longifolia + M. scarlatoi состояние среды изменяется от легко до умеренно нарушенного, ассоциация III A. pacifica обитает, главным образом, в плохих условиях. Сообщество L. longifolia + M. sarsi приурочено к глубинам 15-30 м, располагается алевритах песчаных, содержащих умеренное количество органического углерода, при относительно высокой концентрации растворенного кислорода у дна (рисунок 3.18, таблица 3.45). Соседствующая с ней группировка L. longifolia + M. scarlatoi тяготеет к более тонким осадкам – алевритам пелитовым с примесью гравия (шлака) и более высоким $C_{\text{орг.}}$ на чуть больших глубинах (21–37 м) с явно меньшим придонным содержанием O₂. Ассоциация A. pacifica формируется на глубинах 9-24 м в самой загрязненной части района работ – бухтах Золотой Рог и Диомид – на алевритах песчаных с существенной примесью гравийных фракций, высокой концентрацией органического углерода и низким содержанием кислорода, особенно в летний период.

^{*} Выбракована аномальная плотность *С. cincta*, без выбраковки – 32,1 %.

Таблица 3.44 – Результаты ССА: дисперсионный анализ (ANOVA) для полных моделей, моделей с сокращенным числом параметров и статистическая оценка их термов по отдельности, влияние краевых эффектов и значимость осей (число перестановок – 999)

Параметр	Df	χ^2	F	Pr(> <i>F</i>)						
	Общая модель:	Bt4/At4~ $TPF + \Gamma$ л	убина $+$ O ₂ $+$ GrF_1							
Модель	4	0,977/0,931	1,972/2,126	0,001						
Остатки	28	3,468/3,064								
	Последовательное включение (тип I)									
TPF	1	0,340/0,383	2,742/3,503	0,001						
Глубина	1	0,242/0,209	1,954/1,909	0,001/0,002						
O_2	1	0,192/0,165	1,551/1,504	0,009/0,012						
GrF_1	1	0,203/0,174	1,639/1,590	0,001/0,009						
Остатки	28	3,468/3,064								
	Кра	евые эффекты (тиг	п III)							
TPF	1	0,228/0,223	1,837/2,039	0,001						
Глубина	1	0,211/0,176	1,701/1,605	0,001/0,004						
O_2	1	0,193/0,167	1,558/1,530	0,006/0,016						
GrF_1	1	0,203/0,174	1,639/1,590	0,004/0,005						
Остатки	28	3,468/3,064								
		Оси								
CCA1	1	0,378/0,418	3,051/3,823	0,001						
CCA2	1	0,262/0,226	2,114/2,062	0,001						
CCA3	1	0,185/0,151	1,497/1,381	0,026/0,067						
CCA4	1	0,152/0,136	1,225/1,239	0,097/0,090						
Остатки	28	3,468/3,064								

Примечание — В числителе — результаты для биомассы, в знаменателе — для плотности; χ^2 — критерий согласия хи-квадрат; F — расчетная величина критерия Фишера; Pr — вероятность справедливости H_0 о статистической незначимости модели или включении в нее переменных; CCA1—4 — шкалы (размерности), полученные при помощи канонического анализа соответствий (CCA).

Таблица 3.45 – Параметры среды и сообщества макрозообентоса

тиолици 3.13 пириметры среды и сосоществи микрозососитоси										
Сообщество	Глубина, м	Содержание частиц <0,1 мм, %	Содержание $C_{ m opr.}$, мг/г	Содержание O_2 , мл/л	<i>TPF</i> , усл. ед.	Преобладающий тип донных отложений*				
I. L. longifolia + M. sarsi	21 (15–30)	61,1 (21,9–84,3)	2,3 (1,0–4,7)	5,16 (2,96–5,96)	3,2 (2,2–3,8)	Алевриты песчаные (0,048)				
II. L. longifolia + M. scarlatoi	28 (21–37)	78,1 (55,3–97,6)	4,4 (3,0–6,9)	4,41 2,58–5,50	3,5 3,2–3,8	Алевриты пелитовые (0,033)				
III. A. pacifica	16 (9–24)	64,0 (45,0–78,8)	7,0 (3,8–10,0)	2,77 2,09–4,15	4,8 4,4–5,0	Алевриты пелитовые (0,057)				

^{*} В скобках для типа осадков приведен средний размер зерен (мм).

Примечание — Для каждого параметра среды указано среднее значение и диапазон изменений (в скобках).

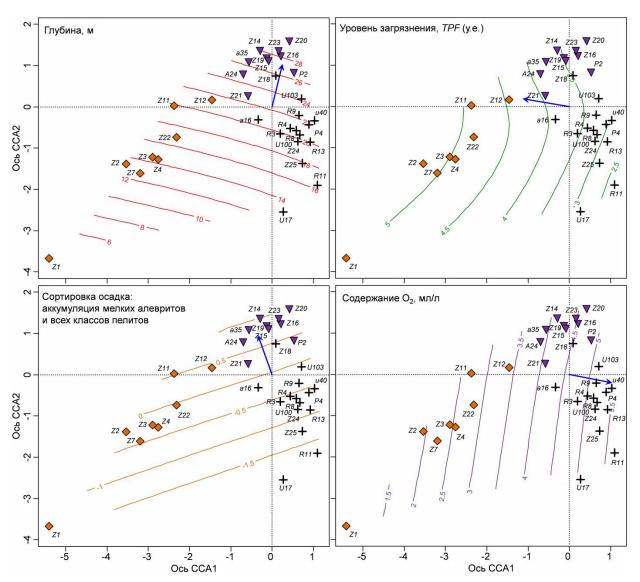


Рисунок 3.18 — Ординация станций методом ССА (биомасса) и результаты подгонки поверхностей для факторов среды

Таким образом, на изученных прибрежных акваториях Владивостока найдены три сообщества донных животных — L. longifolia + M. sarsi, L. longifolia + M. scarlatoi и A. pacifica. Первые две группировки, несмотря на пространственную локализацию, довольно разнообразны и характеризуются весьма высокими показателями обилия, обитая, в основном, при ненарушенном или слабо поврежденном состоянии среды и обладая хорошим и высоким экологическим статусом. Ассоциация A. pacifica менее богата видами и разнообразна, хотя по плотности поселения превосходит две первые (без коррекции) или, по крайней мере, сопоставима с ними по этой характеристике обилия. Биотопы в местах ее обитания повреждены, главным образом, в сильной степени, а ее экологический статус колеблется от плохого до умеренного (на выходе из бухты Золотой Рог). Дифференциация указанных сообществ происходит вдоль градиентов как антропогенных, так и природных факторов среды — уровня загрязнения и глубины. Несомненна, также, роль факторов, которые только кажутся естественными — содержания кислорода

(подробнее см раздел 3.7) и гранулометрического состава донных отложений (наличие гравия в бухте Золотой Рог — явно результат каких-либо отсыпных или строительных работ). Таким образом, на исследованной акватории антропогенные факторы среды являются ведущими в развитии группировок донных организмов. В то же время следует отметить локальность их воздействия: оно отчетливо проявляется только в непосредственной близости от Владивостока.

Итак, анализ донной фауны при помощи разработанного нами алгоритма на исследованных в 1992–2019 гг. акваториях позволил выделить 34 сообщества макрозообентоса. Применение данного алгоритма, даже в самых сложных случаях (залив Посьета, прибрежье Владивостока в 2001 г.), показывает «устойчивые» результаты, которые подтверждаются с позиций статистики. Последнее дает возможность использовать полученные величины структурных характеристик ассоциаций донных животных для последующих процедур, направленных на поиск граничных критериев для оценки классов состояния морской среды.

4 Связь *ПЭС*, индексов состояния и суммарной дисперсии. Граничные критерии для оценки классов состояния морской среды

К сожалению, не все сообщества, выделенные в предыдущем разделе, могут быть использованы в дальнейшем анализе. Для некоторых акваторий (залив Стрелок и бухта Рифовая, залив Посьета) отсутствуют данные по гранулометрическому составу донных отложений и содержанию органического углерода. В других случаях сообщества объединяют три и менее станций, что, даже с использованием проб (обычно не более двух на станции), не дает возможности выполнить корреляционный анализ биологических показателей и факторов среды. Требованию «репрезентативности» соответствуют всего 18 из 34 выделенных группировок (семь и более станций или проб); для анализа зависимостей ПЭС от уровня загрязнения, индексов АМВІ и М-АМВІ пригодны 28 сообществ (таблица 4.1). Результаты линейного регрессионного анализа, выполненного для определения частных и средних суммарных объясняемых дисперсий, представлены в приложении (таблица А.19).

Показатель экологического стресса заметно увеличивается с ростом антропогенного воздействия. Примеры этому — результаты экологических исследований прибрежной зоны Владивостока: для сообществ открытых районов Амурского и Уссурийского залива ПЭС не превышает 12,0%, на внутренних акваториях этих заливов его значения возрастают до 20–30 %, а в самых загрязненных областях — бухтах Золотой Рог и Диомид — близки к 40 % или превышают эту величину (таблица 4.1). Следует также отметить, что в интактных и почти интактных районах — заливах Посьета, Стрелок, бухте Рифовой, на «притуманганской» акватории — ПЭС варьирует в пределах 8,5–17,2 %, причем несколько увеличивается у группировок, обитающих вблизи населенных пунктов и в областях «остаточного» загрязнения. Все эти факты свидетельствуют о зависимости величин этого показателя от состояния морской среды и его связи с экологическим статусом донной фауны.

Действительно, Π ЭС заметно коррелирует с общим уровнем загрязнения, состоянием среды и экологическим статусом донного населения (соответственно индексы TPF, AMBI и M-AMBI). Все эти зависимости значимы с позиций статистики (результаты ANOVA: F=39,2–69,4, p=0,000), а изменения предикторов объясняют более 50,0 % (64,4–81,0 %) дисперсии зависимого параметра (рисунок 4.1). Вместе с тем разброс точек весьма значителен при относительно невысоком уровне загрязнения, в случае слегка и умеренно нарушенного состояния среды, при умеренном и хорошем статусе бентоса; в этой связи при подгонке модельных кривых приплось выбраковать по три значения Π ЭС. Во всех случаях эти кривые выходят на «плато» при экстремальном загрязнении, сильном и экстремальном повреждении местообитаний, обедненном и плохом экологическом статусе макрозообентоса (Π ЭС~35–40 %).

 $^{^{*}}$ корейское название реки Туманной – Туманган.

Таблица 4.1 – Сообщества макрозообентоса, выделенные на различных акваториях залива Петра Великого по результатам съемок 1992—2019 гг., некоторые общие характеристики этих ассоциаций и среды их обитания, частные и средние суммарные объясняемые дисперсии биологических параметров

			bog			I		Объясняемая дисперсия									
Акватория	Год	Сообщество	Число станций/проб	TPF	AMBI	M-AMBI	ПЭС	R	A	В	Н	e	W	AMBI	M-AMBI	MEV	SE
Зал. Стрелок и	1992	I. "L. longifolia" + O. sarsii	11	1,41	1,68	0,812	13,0	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
бух. Рифовая	1992	II. A. pacifica	7	2,11	3,46	0,557	16,7	_	_	_	_	_	_	_	_	-	-
		I. O. sarsii + A. fissa	26	1,49	1,85	0,709	8,5	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Зал. Посьета	1993	II. "L. longifolia" + M. chinensis	8	1,34	1,40	0,627	11,1	_	_	_	_	_	_	_	_	-	_
San. Hoebera	1773	III. "L. longifolia" + M. sarsi	13	1,73	2,07	0,649	8,6	_	_	-	_	_	_	_	_	-	_
		IV. A. insignis	11	2,11	1,75	0,506	17,2	_	_	_	_	_		_	_	_	
		I. "L. longifolia" + E. cordatum	9	1,33	1,54	0,663	11,3	0,498	0,697	0,841	0,973	0,957	0,985	0,938	0,154	0,755	0,112
К северу от устья	1996	II. D. cardalia + M. sarsi + O. sarsii	4	1,42	2,97	0,539	13,8	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
реки Туманной		III. S. bombyx + E. cordatum	3	1,81	1,23	0,661	_	-	_	_	-	-	_	-	-	_	-
		IV. A. macrocephala	8	1,56	1,30	0,718	11,5	0,924	0,977	0,572	0,400	0,368	0,583	0,850	0,901	0,697	0,093
		I. "L. longifolia" + S. bassi + S. inflatum	15	2,41	2,83	0,520	10,7	0,574	0,953	0,358	0,290	0,643	0,551	0,602	0,483	0,557	0,076
Прибрежье	2001	II. "L. longifolia" + O. sarsii+ S. armiger	8	2,13	1,94	0,749	9,4	0,592	0,912	0,582	0,859	0,585	0,570	0,740	0,828	0,709	0,054
Владивостока	2001	III. P. argentata + Macoma sp.	5/14	2,20	2,63	0,449	<u>27,3</u>	0,987	0,889	0,917	<u>0,953</u>	0,854	0,963	<u>0,976</u>	0,967	<u>0,938</u>	<u>0,018</u>
		m.1. argeniaia + macoma sp.		2,20	2,03	0,447	22,1	0,939	0,790		0,940	0,849	0,901	0,846	0,955	0,897	0,023
		IV. A. pacifica	5/8	2,41	4,62	0,186	<u>45,8</u>	<u>0,981</u>	0,999	<u>0,977</u>	<u>0,951</u>	<u>0,994</u>	<u>0,991</u>	<u>1,000</u>	<u>0,983</u>	<u>0,984</u>	<u>0,006</u>
		1 0		ŕ			41,7	0,986	0,934	0,916	0,939	0,956	0,945	0,959	0,994	0,954	0,010
Северная часть		I. C. crassicorne	4	2,37	2,99	0,648	33,0	_	_	-	_	_	_	_	_	-	_
зал. Амурского	2005	II. "L. longifolia"	13	2,48	3,18	0,522	6,2			0,885		· ·	0,505	0,901	,	· ·	0,061
Sault Interpretation		III. A. pacifica + P. harmeri	8	2,89	3,13	0,643	21,0	0,995	0,946			0,851	0,925	0,958	0,471	0,859	0,063
		I. D. cardalia	11	2,40	2,72	0,777	9,3	0,628	0,568	0,406	0,489	0,484	0,944	0,658	0,247	0,553	0,077
Пр-в Босфор	2006	II. A. insignis + S. inflatum	4	2,53	1,62	0,684	_	_	_	_	_	_	_	_	_	-	_
Восточный	_	III. E. tenuis + Nicolea sp.	3	2,75	2,14	0,765	_	_	_	_	_	_	_	_	_	-	_
Booto mbin	2007	IV. S. $armiger + O$. $sarsii + E$. $tenuis$	11	4,00	1,88	0,671	14,0	0,247	0,162	0,810	0,352	0,898	0,879	0,920	0,711	0,622	0,120
		V. P. adamsi	1	4,64	4,40	0,230	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_

Акватория	Год	Сообщество	Число станций/проб	TPF	AMBI	M-AMBI	ПЭС			Ofi	ьясняем	иая дис	персия			MEV	SE
		I. A. pacifica + C. capitata	5/7	3,65 2,58	5,19	0,180	38,5 42,3	0,982 0,958	0,891 0,989	0,996 0,997	1,000 0,961	1,000 0,992	<u>0,965</u> 0,956	<u>0,986</u> 0,986	0,957 0,984	0,972 0,978	0,014 0,006
Прибрежье	2016	II. O. sarsii + M. scarlatoi	4/8	2,53 2,73	2,74	0,724	34,4 27,8	0,998 0,965	0,999 0,976	0,997 0,977	<u>0,999</u> 0,850	0,955 0,839	<u>0,974</u> 0,974	<u>0,988</u> 0,905	0,968 0,964	0,985 0,931	<u>0,006</u> 0,022
Владивостока	2016	III. O. sarsii + "L. longifolia"	12	3,50	1,95	0,770	11,0	0,401	0,347	0,827	0,675	0,554	0,265	0,602	0,760	0,554	0,076
		IV. P. harmeri	3/6	2,45	3,39	0,489	30,0	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
		V. M. sarsi	6/11	2,20 2,39	1,81	0,553	31,3 26,3	0,938 0,937	0,492 0,882	0,994 0,978	0,947 0,970	0,974 0,944	<u>0,982</u> 0,990	<u>0,996</u> 0,745	0,959 0,954	0,910 0,925	0,064 0,030
		I. A. pacifica + D. cardalia	2	3,16	3,26	0,524	_	_		_	_	_			_	_	_
Прибрежье	2018	II. "L. longifolia"	4/8	3,48	1,66	0,686	25,9	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Владивостока	2010	III. P. gracilis + P. corrugata	2	4,80	1,79	0,949	-	_	_	-	_	-	_	_	_	-	-
		IV. O. sarsii + A. insignis	8	2,37	2,14	0,726	10,7	0,441	0,925	0,884	0,669	0,968	0,946	0,918	0,894	0,831	0,069
Прибрежье	2019	I. "L. longifolia" + O. sarsii + M. sarsi	15	2,48	2,26	0,670	11,5	0,756	0,808	0,402	0,688	0,589	0,649	0,731	0,400	0,628	0,059
Владивостока	2019	II. "L. longifolia" + M. scarlatoi	10	2,89	2,73	0,620	6,5			0,980			0,936	0,854	0,493		0,065
		III. A. pacifica	8	2,40	4,44	0,306	41,9	0,910	0,936	0,998	0,961	0,907	0,973	0,944	0,998	0,953	0,013

Примечание — В числителе – для удвоенного числа станций, в знаменателе – для проб, прочерк – вычисление параметра невозможно.

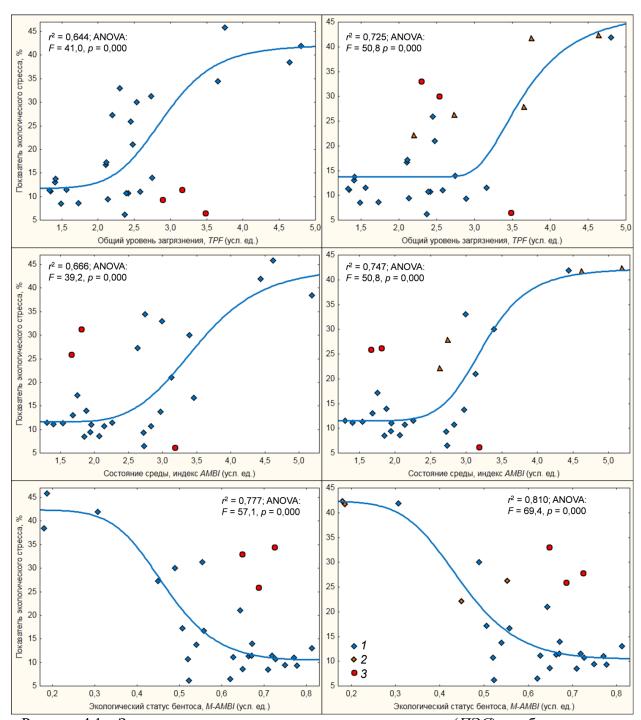


Рисунок 4.1 — Зависимости показателя экологического стресса ($\Pi \ni C$) от общего уровня загрязнения среды (TPF), состояния среды (AMBI) и экологического статуса донного населения (M-AMBI): 1 и 2 — величины параметров рассчитаны соответственно для станций и проб, 3 — выбракованные точки, r^2 — коэффициент детерминации, F — критерий Фишера, p — вероятность справедливости H_0 — влияние фактора «модель» отсутствует

Очевидно, в этих условиях сообщества становятся «физически контролируемыми» или, по крайней мере» приближаются к такому состоянию. Свидетельство этому — крайне высокий уровень детерминированности параметров переменными, которые включаются в уравнения линейной регрессии при пошаговой процедуре (таблица 4.1, таблица А.19).

Высокая степень вариабельности $\Pi \mathcal{C}$ при «умеренных» величинах предикторов имеет ясные, с экологической точки зрения, объяснения. Для TPF это действие других

«угнетающих» факторов — летнего снижения содержания кислорода, интенсивности терригенного стока, императивное влияние которых на дифференциацию сообществ макрозообентоса было выявлено посредством канонического анализа корреляций (см. раздел 3.7). Например, сообщество *P. harmeri* (станции *а9*, *a26* и *a35*) приурочено к области формирования летней гипоксии (рисунок 4.2). Этот дефицит кислорода возникает, главным образом, из-за микробиологического окисления избыточной биомассы диатомовых водорослей в условиях слабой динамики вод и при низкой интенсивности фотосинтетически активной радиации, причем снижение насыщенности вод O_2 прослеживается и в историческом плане [66, 67]. В свою очередь, вспышки численности микроводорослей во многом обусловлены паводковыми сбросами биогенов. При этом в объемах среднегодового стока р. Раздольной с 2003 г. наблюдается отчетливый положительный тренд (коэффициент корреляции r=0,69, p=0,005) [62]. Об увеличении поступления биогенных элементов — фосфатов, нитратов и т.д. — вблизи впадения основных водотоков, и в частности р. Раздольной свидетельствует множество наблюдений других авторов [68].

Группировка *М. sarsi* (станции *a2*, *a4*, *a16*, *u6*, *u13* и *u21*) располагается в областях, подверженных сильному влиянию терригенного стока (рисунок 3.7). Его негативное воздействие, прежде всего, обусловлено потоком тонкодисперсной взвеси, которая засоряет фильтрующие аппараты, затрудняя питание, дыхание и другие процессы метаболизма, а то и просто засыпает донных животных. Например, в период паводка в 2018 г. (середина августа) слой наилка достигал 7–8 мм, причем на весьма значительных расстояниях от устьев водотоков, впадающих в северные части Амурского и Уссурийского заливов.

Основной разброс точек у индексов *AMBI* и *M-AMBI* приходится на сообщества пролива Босфор Восточный (*P. argentata* + *Macoma* sp. в 2001 г.; *D. cardalia* и *S. armiger* + *O. sarsii* + *E. tenuis* в 2006–2007 гг.; *O. sarsi* + *M. scarlatoi* в 2016 г.; "*L. longifolia*" + *O. sarsi* + *M. sarsi* и "*L. longifolia*" + *M. scarlatoi* в 2019 г.) (таблица 4.1). Даже сам список ассоциаций говорит о их частой смене, в отличие, например, от сообществ бухт Золотой Рог и Диомид, где на протяжении уже более 35 лет существует ассоциация с доминированием *A. pacifica*, *C. capitata* и *Sch. japonica* [4, 48, 57]. Перечисленные сообщества обитают при повышенном (близком ко второму критическому уровню), но не экстремальном загрязнении. Следует подчеркнуть, что у группировок донной фауны, которые существуют в таких условиях, устойчивость к внешним факторам снижается и при дополнительном негативном воздействии (например, снижении содержания кислорода в летний период) происходит резкая смена видового состава и обилия [47]. При оценке

таких ассоциаций на основе общепринятых показателей степени повреждения и экологического состояния, они часто выглядят довольно благополучно.

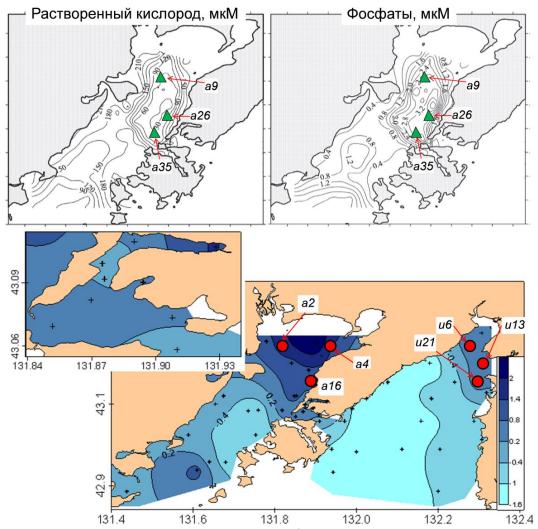


Рисунок 4.2 — Распределение некоторых океанографических элементов у дна в августе 2008 г. (вверху, по [66]) и значений фактора PoF_2 , характеризующего «терригенный сток» (внизу, по [48])

Скорее всего, мы видим эти сообщества на разных стадиях сукцессии, причем в современных условиях данные группировки могут вообще не достигать климакса. По результатам исследований самих создателей индекса *АМВІ*, там, где имеет место процесс реколонизации, можно найти множество существенных различий среди значений структурных параметров на близко расположенных станциях [63]. Это, например, внезапное увеличение богатства, разнообразия и/или обилия, что и ведет к ошибкам в классификации экологического состояния. В соответствие с зарубежной терминологией, такие сообщества по степени повреждения, обусловленной экологическим стрессом, следует именовать несбалансированными (от легкого до выраженного дисбаланса) [69]. Они характеризуются исчезновением редких и пролиферацией устойчивых видов, снижением разнообразия, а затем и доминированием позитивных индикаторов

загрязнения. Именно эти явления и наблюдаются в указанном районе залива Петра Великого (см. Раздел 3).

Зависимости показателя экологического стресса от средней объясненной дисперсии гораздо более отчетливы; вариации предиктора объясняют более 93 % изменчивости $\Pi \supset C$ (рисунок 4.3). Начало линейного роста модельной кривой приходится почти точно на $\Pi \supset C = 15,0$ %, его окончание (начало выхода на плато) — на $\Pi \supset C \approx 30$ %. Совершенно очевидно, что эти уровни для сообществ макрозообентоса являются «критическими» и могут рассматриваться как граничные критерии для оценки классов состояния морской среды. «Картографический» пример использования $\Pi \supset C$ представлен на рисунке 4.4.

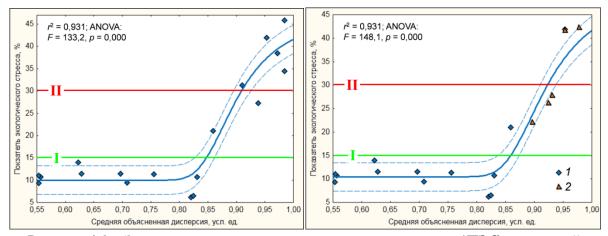


Рисунок 4.3 — Зависимости показателя экологического стресса (Π ЭC) от средней объясненной дисперсии (MEV) и граничные критерии для оценки классов состояния морской среды (римские цифры). Условные обозначения: 1 и 2 — величины параметров рассчитаны соответственно для станций и проб, r^2 — коэффициент детерминации, F — критерий Фишера, p — вероятность справедливости H_0 — влияние фактора «модель» отсутствует, штриховые линии — $\pm SE$

При «докритическом» уровне свиязь индивидуальных характеристик обилия с общей биомассой и плотностью поселения низка, поскольку морская среда благоприятна и не оказывает существенного влияния на агломерацию животных — сообщества макрозообентоса «биологически сбалансированы» или, по крайней мере, стремятся к такому состоянию. Однако, учитывая высокий уровень объясняемой дисперсии (в среднем, во всех случаях >50 %), следует заметить, что в нашей выборке (до 60 м) явно отсутствуют биологически сбалансированные сообщества в понимании К.Н. Несиса [5] и, вероятно, следует говорить лишь о степени такой сбалансированности или физической контролируемости.

В промежутке между I и II критическими уровнями косные факторы начинают оказывать на сообщества донной фауны заметное воздействие, агломерация животных возрастает ($\Pi C \sim 15-30\%$) и, при дальнейшем росте внешнего давления, группировки макрозообентоса переходят в иное – «физически контролируемое» – состояние

 $(\Pi \mathcal{P}C>30~\%)$, что говорит о наличии некого общего внешнего лимитирующего фактора. Необходимо подчеркнуть, что лимитирующий фактор — это совершенно не обязательно степень антропогенного воздействия (к примеру, уровень загрязнения): сообщество M. sarsi имеет повышенный $\Pi \mathcal{P}C$ из-за влияния терригенного стока, причиной усиления которого вряд ли является деятельность человека (если не рассуждать о глобальных климатических изменениях и парниковом эффекте).

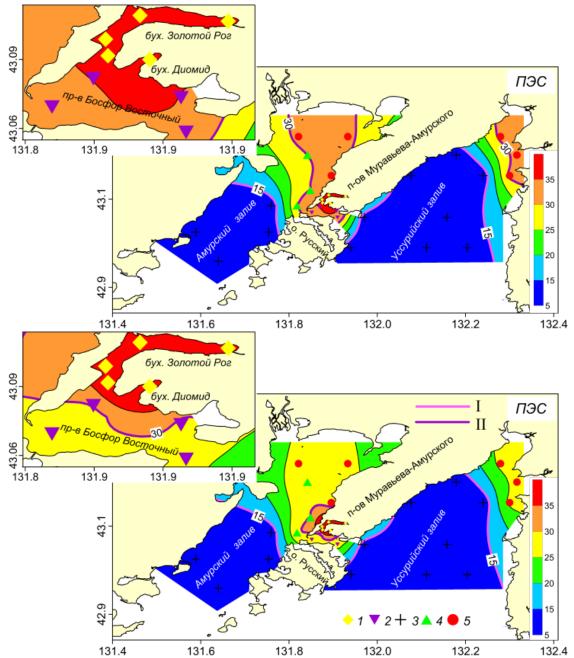


Рисунок 4.4 — Распределение показателя экологического стресса на прибрежной акватории Владивостока в 2016 г.: слева — ПЭС рассчитан только для станций (сообщество IV для проб), справа — для станций и проб (сообщества I, II, IV и V): 15 и 30 % ПЭС соответственно первый и второй граничный критерий для оценки классов состояния морской среды. Названия сообществ см. раздел 3.7

Другой пример влияния «не антропогенного» фактора, хотя и в созданной человеком экосистеме — изменение ПЭС в ассоциациях организмов-обрастателей водозаборных тоннелей ТЭЦ-2 города Владивостока [15]. Лимитирующим фактором здесь является степень и продолжительность осущения. На днище туннеля, которое в процесс эксплуатации постоянно затоплено, у сообщества двустворчатого моллюска *Mytilus trossulus* ПЭС составлял 8,9 %. На стенках туннеля, которые периодически осущались в зависимости от режима работы водозаборной системы, особенно в верхних по отношению к морю отделах, у группировки *В. rostratus* ПЭС возрастал до 16,3 %. Наконец, на своде туннеля, который по большей части являлся зоной заплеска (постоянно затоплен лишь в нижней части), у ассоциации амфиподы *Jassa marmorata* ПЭС достигал уже 72,2 %.

В ЕС, США и Канаде выделяют две степени загрязнения почв и осадков [70, 71]. Первая – т.н. «заданное значение» (target value) – это уровень, к которому следует стремиться, чтобы восстановить функциональные свойства почвы (осадка) для жизни людей, растений и животных. Вторая – «значение коррекции» (intervention value) – уровень, когда такие свойства сильно снижены или представляют опасность. Основу такому делению положила обзорная работа Е.Р. Лонга с соавторами [72], которые ввели понятие таких показателей (пороговых или граничных критериев) как ERL и ERM (effect range-low и effect range-medium). Первый отделяет минимальный уровень воздействия, когда эффекты редки, и концентрации ЗВ не оказывают заметного влияния на видовой состав и структуру донного населения. Между ERL и ERM лежит область постепенного роста проявления таких воздействий; после *ERM* эти эффекты почти облигатны. Подобное деление для морских акваторий Канады и США выполнили Дж. Бойд с коллегами [73], определив TEL и PEL (threshold и probable effects levels). Вводимые нами граничные критерии по смыслу соответствуют заданному значению и величине коррекции (соответственно I и II критические уровни), а также показателям указанных авторов и исполнителей данного Отчета (ERL_q и ERM_q ; [31, 32]). В этом отношении логично именовать их как CERL и CERM (community effect range-low и community effect rangemedium).

Преимущество предлагаемых критериев заключается в отсутствии необходимости точного таксономического определения видов макрозообентоса, достаточно чтобы одни и те же виды были обозначены идентичными символами (например, просто цифрами). Это повышает оперативность получения заключений об экологическом состоянии морской среды. Известно, что полная видовая идентификация, необходимая для вычислений индексов *AMBI* и *M-AMBI* занимает много недель, а то и месяцев. К недостаткам следует отнести репрезентативность выборки: желательно, чтобы число станций или, в крайнем

случае, проб, включенных в сообщество, было не менее семи, что в реальных условиях иногда оказывается недостижимым. В то же время вычисление индексов *AMBI* и *M-AMBI* возможно для любого числа станций и даже отдельных проб. Несомненно, однако, что уже на данном этапе возможно использовать *CERL* и *CERM* для вспомогательной оценки при экологическом мониторинге морских акваторий.

Таким образом, В результате корреляционного анализа зависимостей биологических параметров, включая характеристики обилия и экологические индексы, от факторов среды и определения суммарной объясняемой дисперсии этих показателей были получены два граничных критерия состояния сообществ макрозообентоса. При благоприятных условиях среды $\Pi \ni C$ не превышает 15 % (первый критический уровень), а сообщества донной фауны находятся в состоянии, близком к «биологически сбалансированному». Величины $\Pi \ni C$ в диапазоне 15-30 % говорят об усилении влияния неких лимитирующих факторов (не обязательно антропогенных), но это воздействие не является «разрушающим». Значения $\Pi \ni C$, превышающие 30 % (второй критический уровень) свидетельствуют об экстремальном ухудшении условий среды обитания и переходе сообществ в иное – «физически контролируемое» – состояние.

Отчетливая зависимость ПЭС от MEV и высокая степень детерминации предиктором зависимой переменной позволяют в дальнейшем разработать метод оценки экологического состояния донного населения по структуре взаимосвязей животных внутри сообществ макрозообентоса. В настоящее время препятствием в разработке этого метода является недостаточная репрезентативность данных, которая необходима для выполнения процедуры бутстрепинга при оценке коэффициентов в регрессионном анализе. Исправить ситуацию возможно при помощи интерполяции значений биологических параметров и факторов среды посредством обработки соответствующих файлов решетки (*.grd), получаемых при построении карт распределений этих показателей в среде Surfer.

Кроме того, имея карты грунтов (заливы Посьета и Стрелок, бухта Рифовая) можно получить приближенные характеристики их фракционного состава, подвергнуть их факторному анализу и использовать эти показатели при определении MEV; концентрации органического углерода для этой цели возможно вычислить по их зависимостям от TPF и AMBI, которые для отдельных акваторий обладают весьма высоким уровнем детерминированности ($r^2 > 0,8$). Это даст возможность включить в анализ еще шесть сообществ, что, в свою очередь, позволит использовать технологии рандомизации и при определении зависимости $\Pi \ni C$ от MEV, включая границы доверительных интервалов модельной кривой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

- 1). В процессе работы были систематизированы данные по факторам среды (химический и гранулометрический состав осадков, гидрологические характеристики) и видовому составу макрозообентоса (экспедиции 1992–2019 гг.). Разработан алгоритм, представляющий собой компиляцию процедур и тестов и позволяющий легко и оперативно производить выделение сообществ донных животных, получать статистические подтверждения справедливости полученной классификации, выявлять основные факторы среды, ведущие к дифференциации этих группировок, что также сопровождается оценками с позиций статистики.
 - 2). Алгоритм включает следующие основные этапы:
- Выделение сообществ при помощи кластерного анализа различными методами агломерации на основе метрики Брея-Кертиса и процедуры бутстрепинга для оценки вероятности появления узла на дендрограмме.
- Классификация станций, нерасклассифицированных на первом этапе, с использованием процедуры, основанной на теории нечетких множеств.
- Статистическая оценка принадлежности проб (станций) к той или иной группе посредством процедуры ANOSIM.
- Оценка статистической значимости связи обилия видов с факторами среды и географическим положением на основе теста Мантеля.
- Наименование сообществ выделение видов, вносящих наибольший вклад во внутригрупповое сходство процедура SIMPER;
- Определение ведущих факторов среды, ответственных за формирование сообществ методом канонического анализа соответствий (Constrained CA) с последовательным удалением статистически незначимых параметров на основе применения теста перестановок и пошагового дисперсионного анализа.
- Визуализация дифференциации сообществ и воздействия факторов среды при помощи процедуры нелинейного многомерного шкалирования (NMDS).
- 3) Применение этого алгоритма при анализе донной фауны акваторий, исследованных в 1992–2019 гг., позволило выделить 34 сообщества макрозообентоса и выявить императивные факторы среды, ответственных за их формирование. Данный алгоритм даже в самых сложных ситуациях показывает «устойчивые» результаты,

которые подтверждаются с позиций статистики. Последнее дает возможность использовать полученные величины структурных характеристик ассоциаций донных животных (плотности поселения и биомассы, а также индексов Пиелу, Маргалефа, Шеннона-Винера, *АМВІ*, *М-АМВІ*, статистики Кларка) для последующих процедур, направленных на поиск граничных критериев для оценки классов состояния морской среды.

- 4). В результате корреляционного анализа связей биологических параметров, включая характеристики обилия и экологические индексы, и факторов среды, определена зависимость показателя экологического стресса (Π ЭC) от средней суммарной объясняемой дисперсии перечисленных переменных (MEV). Эта зависимость имеет s-образную форму с точками начала и окончания линейного роста, приуроченными к Π ЭC~15 и 30%, причем изменения предиктора объясняют более 93% (p=0,000) дисперсии зависимой переменной.
- 5). Эти уровни ПЭС следует рассматривать как граничные критерии состояния сообществ макрозообентоса. При благоприятных условиях среды ПЭС не превышает 15 % (первый критический уровень), а сообщества донной фауны находятся в состоянии, близком к «биологически сбалансированному». Величины ПЭС в диапазоне 15-30 % говорят об усилении влияния неких лимитирующих факторов (не обязательно антропогенных), но это воздействие не является «разрушающим». Значения ПЭС, превышающие 30 % (второй критический уровень) свидетельствуют об экстремальном ухудшении условий среды обитания и переходе сообществ в иное «физически контролируемое» состояние.
- 6). Отчетливая зависимость ПЭС от MEV и высокая степень детерминации предиктором зависимой переменной позволяют в дальнейшем разработать метод оценки экологического состояния донного населения по структуре взаимосвязей животных внутри сообществ макрозообентоса. В настоящее время препятствием в разработке этого метода является недостаточная репрезентативность данных, которая необходима для выполнения процедуры бутстрепинга при оценке коэффициентов в регрессионном анализе. Исправить ситуацию возможно при помощи интерполяции значений биологических параметров и факторов среды посредством обработки соответствующих файлов решетки (*.grd), получаемых при построении карт распределений этих показателей в среде Surfer. Другой источник недостающих данных карты грунтов (получение характеристик фракционного состава), а также зависимости содержания органического углерода от AMBI и общего уровня загрязнения (индекс TPF).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1. Mann R.E. Global environmental monitoring system (GEMS). Action Plan for Phase 1. SCOPE, rep. 3. Toronto, 1973. 130 p.
- 2. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 375 с.
- 3. UNEP: Statistical analysis and interpretation of marine community data: Reference methods for Marine Pollution Studies. 1995. № 64. 75 p.
- 4. Мощенко А.В., Белан Т.А., Лишавская Т.С., Борисов Б.М. Экологическое состояние морской среды и макрозообентоса у южной оконечности полуострова Муравьева-Амурского // Тр. ДВНИГМИ. 2017. Вып. 155. С. 178—220.
- 5. Несис К.Н. Общие экологические понятия в приложении к морским сообществам. Сообщество как континуум // Биология океана. Т. 2. Биологическая продуктивность океана. М.: Наука, 1977. С. 5—13.
- 6. Воробьев А.П. Бентос Азовского моря // Тр. ФзЧерНИРО. 1949. Вып. 13. 143 с.
- 7. Нейман А.А. Количественное распределение бентоса на шельфе и верхних горизонтах склона восточной части Берингова моря // Труды ВНИРО. 1963. Т. 48. С. 145—206.
- 8. Fager E.W. Determination and Analysis of Recurrent Groups // Ecology. 1957. Vol. 38. Iss. 4. P. 586—595.
- 9. Fager E.W. Communities of organisms // In the sea. Interscience Publ, 1963. Vol. 2. № 4. P. 415—437.
- 10. Fager E.W., McGowan J.A. Zooplankton species groups in the North Pacific // Science 1963. Vol. 140. P. 453—460.
- 11. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. Том 2. М: Мир, 1989. 477 с.
- 12. Пропп М.В. Экология прибрежных донных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря. Л.: Наука, 1971. 128 с.
- 13. Латыпов Ю.Я., Даутова Т.Н., Мощенко А.В. Принципы и методы классификации книдарий. Владивосток: Дальнаука, 1998. 244 с.
- 14. Мощенко А.В. Роль микромасштабной турбулентности в распределении и изменчивости бентосных животных. Владивосток: Дальнаука, 2006. 321 с.
- 15. Звягинцев А.Ю., Мощенко А.В. Морские техноэкосистемы энергетических станций. Владивосток: Дальнаука, 2010. 343 с.
 - 16. Суханов В.В., Петропавловский Б.С., Чавтур Н.А. Структура растительных

- сообществ Сихотэ-Алинского заповедника. Владивосток: Дальнаука, 1994. 220 с.
 - 17. Леме Ж. Основы биогеографии. M.: Прогресс, 1976. 309 с.
- 18. Margalef R. Succession of population // Adv. Frontiers Plant. Sci (Institute Adv. Sci. And Culture, New Delhi, India). 1963. V. 2. P. 137—188.
- 19. Звягинцев А.Ю. Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2005. 432 с.
- 20. Редфилд А.К., Диви Э.С. Изменение во времени и биотические сукцессии // Морское обрастание и борьба с ним. М.: Воен. изд-во мин. обороны СССР, 1957. Ч. IV. С. 68–77.
- 21. McArthur R.H., Wilson E. The theory of island biogeography. New York: Princeton University Press, 1967. 203 p.
- 22. Warwick R.A. New Method for Detecting Pollution Effects on Marine Macrobenthic Community // Marine Biology 1986 Vol. 92. № 4. P. 557—562.
 - 23. Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. М.: МГУ, 1980. 464 с.
- 24. Методические указания. Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси. РД 52.10.556-95. М.: Гидрометеоиздат, 1996. 49 с.
- 25. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: МГУ, 1981. 272 с.
- 26. Лонцих С.В., Петров Л.Л. Стандартные образцы состава природных сред. Новосибирск: Наука, 1988. 277 с.
- 27. Петелин В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков. М.: Наука, 1967. 125 с.
- 28. 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.
- 29. 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.
- 30. Belan T.A., Moshchenko A.V. Polychaete taxocenes variability associated with sediment pollution loading in the Peter the Great Bay (the East Sea/Japan Sea) // Ocean Science J. 2005. Vol. 40. № 1. P. 1—10.
- 31. Мощенко А.В., Белан Т.А. Метод оценки антропогенного нарушения сообществ макрозообентоса рыхлых грунтов // Биол. моря. 2008. Т. 34. № 4. С. 279—292.
 - 32. 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.
- 33. Clarke K.R. Comparisons of dominance curves // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1990. Vol. 138. № 1–2. P. 143–157.
 - 34. Романовский С.И. Физическая седиментология. Л.: Недра, 1988. 240 с.
- 35. 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.
- 36. 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.
- 37. 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.
- 38. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA® Статистический анализ и обработка данных в среде Windows®. М.: Инф.-издат. дом «Филинъ», 1998. 608 с.
- 39. The R Project for Statistical Computing. URL: https://www.r-project.org (дата обращения 13.11.2020).
- 40. Ким Дж., Клекка У.Р., Мьюлер К.У. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1989. 312 с.
- 41. Носов В.Н. Метод главных компонент и факторный анализ // Компьютерная биометрика. М.: МГУ, 1990. С. 162—187.
- 42. Hayton J.C., Allen D.G., Scarpello V. Factor Retention Decisions in Exploratory Factor Analysis: A Tutorial on Parallel Analysis // Organizational Research Methods. 2004. Vol. 7. P. 191—205.
- 43. Кабаков Р.И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R. М.: ДМК Пресс, 2014. 588 с.
- 44. Мощенко А.В., Ванин Н.С., Ламыкина А.Ю. Рельеф дна, донные отложения и гидрологические условия российской части приустьевой зоны реки Туманной // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 42—75.
- 45. Мощенко А.В., Шулькин В.М., Лишавская Т.С. Факторы, контролирующие содержание загрязняющих веществ в прибрежно-морских отложениях района примыкающего к устью р. Туманная // Геохимия. 2001. № 2. С. 204—211.

- 46. 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.
- 47. Мощенко А.В., Белан Т.А., Ивин В.В. Сообщества макрозообентоса восточной части пролива Босфор Восточный (залив Петра Великого Японского моря) // Изв. ТИНРО. 2018. Т. 193. С. 112—142.
- 48. 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.
- 49. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R. Тольятти: Кассандра, 2013. 314 с.
- 50. Мастицкий С.Э., Шитиков В.К. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. 2014. 401 с. URL: https://sociology.knu.ua/sites/default/files/library/elopen/mastitsky_and_shitikov_2014_r_tutorials.pdf (дата обращения 13.11.2020).
- 51. Oksanen J. Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial. 2015. 43 р. URL: https://ru.scribd.com/document/353618622/R-Vegan-Tutorial-Multivariate-Analysis-of-Ecological-Communities-by-Oksanen (дата обращения 13.11.2020).
- 52. Белан Т.А. Особенности обилия и видового состава бентоса в условиях загрязнения (залив Петра Великого, Японское море): дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВГУ, 2001. 141 с.
- 53. Белан Т.А. Сравнительная характеристика условий среды и показателей сообществ макрозообентоса морских прибрежных акваторий вблизи Владивостока // ДВНИГМИ 65 лет: юбилейный выпуск. Владивосток: Дальнаука, 2015. С. 156—171.
- 54. Belan T.A. Benthos abundance pattern and species composition in conditions of pollution in Amursky Bay (the Peter the Great Bay, the Sea of Japan) // Mar. Pollut. Bull. 2003. Vol. 49. № 9. P. 1111—1119.
- 55. Moshchenko A.V., Belan T.A. Ecological state and long-term changes of macrozoobenthos in the northern part of Amursky Bay (Sea of Japan) // Ecological studies and the state of the ecosystem of Amursky Bay and the estuarine zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan). Vladivostok: Dalnauka, 2008. Vol. 1. P. 61—91.
- 56. Белан Т.А., Белан Л.С. Состав и количественное распределение макрозообентоса в Амурском заливе // Океанол. 2006. Т. 46. № 5. С. 685—694.

- 57. Moshchenko A., Belan T., Borisov B., Lishavskaya T. Macrozoobenthic Population under Heavy Anthropogenic Impact: Coastal Area of Vladivostok (Peter the Great Bay, Sea of Japan)— International Journal of Oceanography and Aquaculture. 2017. Vol. 1, № 4. 17 р. URL: https://medwinpublishers.com/IJOAC/IJOAC16000123.pdf (дата обращения 13.11.2020).
- 58. Белан Т.А., Мощенко А.В., Чернова А.С. Долговременные изменения видового разнообразия таксоценов многощетинковых червей в прибрежной зоне Японского моря // Доклады рабочего совещания по изучению глобальных изменений на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 2003. С. 196—224.
- 59. Шулькин В.М., Мощенко А.В., Лишавская Т.С. Уровень загрязнения и факторы, определяющие содержание поллютантов в донных отложениях российской части приустьевой зоны реки Туманной // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 86—98.
- 60. Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. Владивосток, ТИНРО-центр, 2001. 193 с.
- 61. Белан Т.А., Мощенко А.В., Лишавская Т.С. Долговременные изменения уровня загрязнения морской среды и состава бентоса в заливе Петра Великого // Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 50—74.
- 62. Мощенко А.В., Белан Т.А., Лишавская Т.С., Севастьянов А.В., Борисов Б.М. Многолетняя динамика концентраций приоритетных поллютантов и общего уровня химического загрязнения прибрежных акваторий Владивостока (залив Петра Великого Японского моря) // Изв. ТИНРО. 2020. Т. 200. Вып 2. С. 377—400.
- 63. Borja Á., Muxika I., Franco J. Long-term recovery of soft bottom benthos following urban and industrial sewage treatment in the Nervio'n estuary (Southern Bay of Biscay) // Mar. Ecol. Progr. Ser. 2006. Vol. 313. P. 43—55.
- 64. 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.
 - 65. Современное осадкообразование в окраинных морях Востока Азии

- (статистические модели) / А.С. Астахов, А.И. Боцул, А.Н. Деркачев и др. Владивосток: Дальнаука, 1997. 240 с.
- 66. Тищенко П.Я., Лобанов В.Б., Звалинский В.И., Сергеев А.Ф., Волкова Т.И., Колтунов А.М., Михайлик Т.А., Сагалаев С.Г., Тищенко П.П., Швецова М.Г. Сезонная гипоксия Амурского залива (Японское море) // Изв. ТИНРО. 2011. Т. 165. С. 136—157.
- 67. Tishchenko P.P, Tishchenko P.Ya., Lobanov V.B., Sergeev A.F., Semkin P.Yu., Zvalinsky V.I. Summertime in situ monitoring of oxygen depletion in Amursky Bay (Japan/East Sea) // Cont. Shelf Res. 2016. Vol. 118. P. 77—87.
- 68. Шулькин В.М., Семыкина Г.И. Поступление загрязняющих веществ в залив Петра Великого и оценка их вклада в создание экологических проблем // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря. Владивосток: Издат. дом ДВФУ, 2012. С. 252—287.
- 69. Salen-Picard C. Schemas d'Oevolution d'Oune biocenose macrobenthique du substrat meuble // Comptes Rendus de l'Academie des Sciencies de Paris. 1983. Vol. 296. P 587—590.
- 70. Circular on target values and intervention values for soil/sediment redemption. Spatial Planning and Environment of Netherlands. Ministry of Housing, 2000. 75 p.
- 71. Buchman M.F. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration. Seattle WA, 2008. 34 p.
- 72. Long E.R., MacDonald D.D., Smith S.L., Calder F.D. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments // Environ. Management. 1995. Vol. 19. Iss. 1. P. 81—97.
- 73. Boyd J., Baumann J., Hutton K., Bertold S., Moore B. Sediment quality in Burrard inlet using various chemical and biological benchmarkers // Burrard Inlet Environmental Action Program. Burnaby, B.C., 1998. 37 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Результаты нечеткой классификации, корреляционного анализа и разложение среднего внутригруппового сходства по вкладам отдельных видов макрозообентоса

Таблица А.1 – Результаты нечеткой классификации станций залива Стрелок и бухты Рифовой – степень принадлежности станций к выделенным кластерам (экспоненциальный вес — 1,25)

кепопенциальны	H BCC 1,23)	
Стануна	Кла	стер
Станция	I	II
S10	0,935	0,065
S1	0,926	0,074
<i>S3</i>	0,915	0,085
S5	0,871	0,129
S4	0,869	0,131
S9	0,607	0,393
<i>S</i> 8	0,596	0,404
S2	0,405	0,595
R17	0,400	0,600
S6	0,218	0,782
R11	0,201	0,799
R14	0,188	0,812
R13	0,125	0,875
R15	0,124	0,876
R16	0,118	0,882
R12	0,079	0,921
S7	0,063	0,937
R18	0,063	0,937

Примечание — Жирным шрифтом выделены экспоненциальные веса для станций основного кластера, жирным курсивом – дополнительного.

Таблица A.2 — Разложение среднего внутригруппового сходства по вкладам отдельных видов макрозообентоса (первые пять видов) для группировок макрозообентоса выделенных на акватории залива Стрелок и бухты Рифовой

выделенных на акватории залива стрелок и бухты гифовои									
Таксон	A или B	$\overline{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	<i>CN</i> , %	CCN, %				
Группа І. Плотность поселения. Среднее сходство 31,48 %									
Aphelochaeta pacifica	570,00	18,63	1,94	59,18	59,18				
Lumbrineris longifolia	73,33	3,12	0,58	9,90	69,08				
Mediomastus sp.	133,33	3,12	0,58	9,90	78,97				
Capitella capitata	166,67	3,12	0,58	9,90	88,87				
Nemertea fam. gen. sp.	6,67	3,12	0,58	5,56	94,44				
Группа І. Биомасса. Среднее сходство 32,66 %									
Aphelochaeta pacifica	6,24	8,78	1,05	28,81	28,81				
Lumbrineris longifolia	1,30	4,55	1,47	14,95	43,75				
Nemertea fam. gen. sp.	1,00	2,84	0,89	9,31	53,06				
Schistomeringos japonica	0,38	2,20	0,89	7,22	60,29				
Capitella capitata	0,43	1,76	0,56	5,78	66,06				
Группа II. Плотност	Группа II. Плотность поселения. Среднее сходство 41,83 %								
Lumbrineris longifolia	301,67	8,14	5,66	19,47	19,47				
Scoloplos armiger	200,00	7,24	4,69	17,31	36,78				

Продолжение таблицы А.2

Таксон	A или B	$\overline{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	<i>CN</i> , %	CCN, %		
Glycera sp.	15,83	4,53	4,81	10,84	47,62		
Laonice cirrata	39,17	3,35	1,29	8,00	55,62		
Ophiura sarsii	27,50	2,89	1,34	6,91	62,53		
Группа II. Биомасса. Среднее сходство 35,82 %							
Ophiura sarsii	40,30	5,11	1,07	14,26	14,26		
Scoloplos armiger	3,43	4,20	1,69	11,73	25,99		
Lumbrineris longifolia	1,95	4,19	3,38	11,70	37,69		
Laonice cirrata	7,76	3,69	0,95	10,30	48,00		
Goniada maculata	0,70	2,93	1,85	8,19	56,19		

Примечание — Приведены, по возможности, первые 5 видов. Виды расположены в порядке уменьшения процентных вкладов; δ_i — мера сходства, SD — стандартное отклонение, CN — процентный вклад, CCN — накопленные проценты.

Таблица А.3 – Результаты нечеткой классификации станций в заливе Посьета и на акватории к северу от устья реки Туманной—степень принадлежности станций к выделенным кластерам (экспоненциальный вес — 1,25)

С			стер	
Станция	X1	X2	X3	X4
P66	0,998	0,000	0,002	0,000
P156	0,997	0,001	0,002	0,000
P144	0,997	0,000	0,002	0,000
P106	0,995	0,001	0,003	0,001
P108	0,995	0,001	0,003	0,001
P113	0,994	0,002	0,004	0,000
P94	0,993	0,005	0,002	0,001
P98	0,993	0,001	0,005	0,000
P4	0,992	0,002	0,006	0,000
P145	0,991	0,001	0,007	0,001
P96	0,989	0,001	0,007	0,003
P122	0,989	0,002	0,007	0,002
P22	0,983	0,001	0,015	0,001
P55	0,970	0,001	0,029	0,000
P135	0,967	0,018	0,012	0,003
P15	0,942	0,004	0,053	0,001
P116	0,937	0,008	0,053	0,002
P99	0,930	0,002	0,068	0,000
P32	0,921	0,010	0,061	0,008
P130	0,896	0,002	0,101	0,001
P25	0,865	0,107	0,020	0,009
P102	0,852	0,011	0,131	0,005
P137	0,810	0,014	0,164	0,011
P101	0,799	0,080	0,111	0,009
P104	0,722	0,068	0,117	0,093
P56	0,635	0,012	0,349	0,004
P100	0,031	0,925	0,015	0,029
P10	0,023	0,956	0,014	0,007
P132	0,014	0,951	0,015	0,020

Croyyya	Кластер							
Станция	X1	X2	X3	X4				
P81	0,009	0,972	0,015	0,005				
P17	0,007	0,964	0,008	0,022				
P61	0,006	0,990	0,002	0,002				
P36	0,005	0,990	0,003	0,002				
P13	0,001	0,998	0,001	0,000				
P168	0,108	0,013	0,858	0,021				
P62	0,090	0,012	0,892	0,006				
P60	0,079	0,002	0,913	0,006				
P18	0,040	0,006	0,944	0,010				
P131	0,028	0,008	0,942	0,021				
P134	0,017	0,002	0,978	0,003				
P133	0,008	0,007	0,966	0,020				
P59	0,006	0,001	0,992	0,002				
P58	0,004	0,000	0,996	0,000				
P186	0,003	0,000	0,997	0,000				
P184	0,003	0,004	0,991	0,003				
P185	0,002	0,000	0,997	0,001				
P57	0,002	0,002	0,993	0,003				
P166	0,032	0,177	0,102	0,689				
P183	0,032	0,232	0,033	0,704				
P198	0,012	0,012	0,014	0,962				
P189	0,007	0,010	0,018	0,965				
P136	0,004	0,005	0,014	0,977				
P199	0,004	0,024	0,007	0,964				
P187	0,002	0,002	0,014	0,982				
P210	0,002	0,004	0,014	0,980				
P197	0,002	0,003	0,003	0,993				
P188	0,001	0,001	0,004	0,994				
P212	0,001	0,001	0,002	0,996				

Примечание — Жирным шрифтом выделены экспоненциальные веса для станций основного кластера, жирным курсивом – дополнительного.

Таблица А.4 – Разложение среднего внутригруппового сходства по вкладам отдельных видов макрозообентоса (первые пять видов) для группировок макрозообентоса выделенных в зал. Посьета и акватории к северу от устья реки Туманной

Таксон	A или B	$\overline{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	<i>CN</i> , %	CCN, %				
Группа І. Плотность поселения. Среднее сходство 43,98 %									
Ophiura sarsii	328,12	6,33	2,11	14,39	14,39				
Praxillella sp.	203,42	5,66	2,76	12,87	27,26				
Amphipholis fissa	140,54	4,65	1,98	10,57	37,83				
Glycera sp.	43,31	3,47	1,47	7,90	45,72				
Lumbrineris longifolia	128,42	3,20	1,24	7,27	52,99				
Группа I. Биомасса. Среднее сходство 37,07 %									
Amphipholis fissa	37,01	6,30	1,76	17,00	17,00				
Ophiura sarsii	23,03	6,10	1,81	16,46	33,46				

продолжение таолицы А.4		,	,						
Таксон	A или B	$\overline{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	<i>CN</i> , %	CCN, %				
Praxillella sp.	2,83	3,99	2,54	10,77	44,23				
Lumbrineris longifolia	1,64	2,43	1,14	6,56	50,78				
Glycera sp.	1,17	2,37	1,38	6,39	57,17				
Группа II. Плотность поселения. Среднее сходство 21,02 %									
Lumbrineris longifolia	21,63	4,47	1,05	21,27	21,27				
Mactra chinensis	16,88	3,20	0,72	15,21	36,49				
Spiophanes bombyx	9,75	2,71	0,73	12,89	49,38				
Scoloplos armiger	43,50	2,46	0,51	11,70	61,07				
Gammaridea fam. gen. sp.	18,88	1,94	0,51	9,21	70,28				
Группа II. Биом	иасса. Среді	нее сходсті	во 14,42%						
Lumbrineris longifolia	0,87	3,20	0,83	22,21	22,21				
Mactra chinensis	1,46	2,26	0,65	15,65	37,87				
Scoloplos armiger	1,74	1,84	0,50	12,74	50,61				
Spiophanes bombyx	0,02	1,27	0,68	8,82	59,42				
Gammaridea fam. gen. sp.	0,04	1,18	0,50	8,17	67,59				
Группа III. Плотность поселения. Среднее сходство 39,48 %									
Lumbrineris longifolia	276,62	7,47	3,89	18,91	18,91				
Maldane sarsi	154,77	6,00	1,65	15,20	34,11				
Scoloplos armiger	75,92	3,94	1,11	9,97	44,08				
Raeta pulchella	56,46	3,63	1,07	9,21	53,28				
Theora lubrica	53,46	3,54	1,01	8,96	62,24				
Группа III. Биом	иасса. Сред	нее сходсті	во 33,85 %						
Maldane sarsi	10,06	7,22	1,43	21,33	21,33				
Lumbrineris longifolia	1,58	4,08	2,78	12,06	33,38				
Scoloplos armiger	1,99	3,56	1,09	10,51	43,89				
Nemertea fam. gen. sp.	0,83	2,70	1,04	7,98	51,87				
Acila insignis	61,60	2,65	0,59	7,82	59,70				
Группа IV. Плотность	поселения	. Среднее с	ходство 22,	21 %					
Acila insignis	17,00	4,79	0,72	21,56	21,56				
Glycera sp.	7,73	3,36	0,55	15,15	36,71				
Scoloplos armiger	13,36	3,29	0,56	14,82	51,53				
Maldane sarsi	13,45	2,66	0,46	11,99	63,52				
Scalibregma inflatum	10,91	2,15	0,44	9,70	73,22				
Группа IV. Биом	иасса. Сред	нее сходсті	во 20,46 %						
Acila insignis	15,90	6,94	0,70	33,93	33,93				
Maldane sarsi	1,43	2,25	0,45	10,99	44,92				
Scoloplos armiger	0,56	2,15	0,57	10,50	55,42				
Glycera sp.	1,22	2,06	0,49	10,07	65,49				
Nemertea fam. gen. sp.	0,93	1,68	0,35	8,20	73,69				

Примечание — Приведены, по возможности, первые 5 видов. Виды расположены в порядке уменьшения процентных вкладов; \mathcal{S}_i — мера сходства (несходства), SD — стандартное отклонение, CN — процентный вклад, CCN — накопленные проценты..

Таблица А.5 – Результаты нечеткой классификации станций на акватории к северу от устья реки Туманной – степень принадлежности станций к выделенным кластерам (экспоненциальный вес — 1,25)

Столуула		Кла	стер	
Станция	I	II	III	IV
T10	0,994	0,004	0,002	0,001
<i>T6</i>	0,969	0,013	0,014	0,005
T5	0,962	0,020	0,011	0,006
T11	0,961	0,018	0,012	0,009
T23	0,957	0,032	0,003	0,008
T20	0,955	0,024	0,005	0,016
<i>T7</i>	0,944	0,030	0,015	0,010
<i>T1</i>	0,917	0,061	0,007	0,015
T13	0,847	0,101	0,017	0,035
T15	0,004	0,990	0,002	0,004
<i>T3</i>	0,006	0,987	0,001	0,006
T24	0,015	0,976	0,004	0,006
T14	0,024	0,967	0,003	0,006
T4	0,023	0,961	0,008	0,008
<i>T9</i>	0,049	0,924	0,020	0,008
T2	0,054	0,905	0,004	0,037
T25	0,062	0,898	0,012	0,029
<i>T</i> 8	0,001	0,001	0,997	0,000
T26	0,001	0,001	0,997	0,000
T16	0,002	0,002	0,995	0,000
T18	0,000	0,001	0,000	0,999
T17	0,001	0,001	0,000	0,998
T19	0,003	0,002	0,000	0,995
T12	0,008	0,011	0,003	0,977

Примечание — Жирным шрифтом выделены экспоненциальные веса для станций основного кластера, жирным курсивом – дополнительного.

Таблица A.6 — Разложение среднего внутригруппового сходства по вкладам отдельных видов макрозообентоса (первые пять видов) для группировок макрозообентоса выделенных на акватории к северу от устья реки Туманной

Таксон	A или B	$\overline{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	<i>CN</i> , %	CCN, %				
Группа І. Плотность поселения. Среднее сходство 37,29 %									
Lumbrineris longifolia	148,43	3,73	1,29	9,99	9,99				
Goniada maculata	23,36	3,28	2,90	8,80	18,79				
Diastylis sp.	11,07	3,24	3,48	8,70	27,49				
Amphipholis fissa	20,71	2,66	1,53	7,13	34,61				
Spiophanes bombyx	33,94	1,73	0,80	4,65	39,26				
Группа І. Биог	масса. Средн	ее сходство	34,62 %						
Echinocardium cordatum	72,43	4,41	0,77	12,73	12,73				
Amphipholis fissa	2,35	3,51	1,42	10,15	22,88				
Lumbrineris longifolia	1,44	2,96	1,47	8,55	31,42				
Goniada maculata	0,42	2,61	2,12	7,53	38,96				
Diastylis sp.	0,03	1,54	3,15	4,45	43,41				

Группа II. Плотность поселения. Среднее сходство 33,41 % Spiophanes bombyx 27,00 3,40 13,86 10 Onuphis iridescens 13,90 3,10 9,38 9 Nemertea gen. sp. 11,50 2,84 15,58 8 Spionidae gen. sp. 9,50 2,59 6,30 7	0,19 0,28 3,51 7,76 7,73	10,19 19,46 27,98 35,73 43,47							
Spiophanes bombyx 27,00 3,40 13,86 10 Onuphis iridescens 13,90 3,10 9,38 9 Nemertea gen. sp. 11,50 2,84 15,58 8 Spionidae gen. sp. 9,50 2,59 6,30 7	9,28 8,51 7,76 7,73	19,46 27,98 35,73							
Onuphis iridescens 13,90 3,10 9,38 9 Nemertea gen. sp. 11,50 2,84 15,58 8 Spionidae gen. sp. 9,50 2,59 6,30 7	9,28 8,51 7,76 7,73	19,46 27,98 35,73							
Nemertea gen. sp. 11,50 2,84 15,58 8 Spionidae gen. sp. 9,50 2,59 6,30 7	3,51 7,76 7,73	27,98 35,73							
Spionidae gen. sp. 9,50 2,59 6,30 7	7,76	35,73							
	7,73								
Pontharpinia longirostris 19,70 2,58 5,08 7		43,47							
	3,93								
Группа II. Биомасса. Среднее сходство 28,86 %									
		13,93							
1	3,87	22,80							
Onuphis iridescens 1,00 2,41 2,66 8	3,35	31,15							
	,91	39,06							
	,16	46,21							
Группа III. Плотность поселения. Среднее сходство 50,86 %									
1 0	3,13	13,13							
	1,33	24,46							
	,93	34,39							
Amphipholis fissa 92,25 3,02 4,72 5	5,93	40,32							
	5,75	46,07							
Группа III. Биомасса. Среднее сходство 45,50 %									
	1,63	11,63							
1	0,69	22,32							
),23	31,55							
	⁷ ,48	39,03							
	5,82	44,85							
Группа IV. Плотность поселения. Среднее сходство 38,09 %									
	3,70	8,70							
1	5,20	14,89							
	5,90	20,80							
	5,40	26,19							
	5,34	31,53							
Группа IV. Биомасса. Среднее сходство 33,17 %									
	5,88	5,88							
1 1 0	5,77	11,65							
1 0	5,45	17,10							
· ·	5,32	22,42							
Phyllodoce groenlandica 0,83 1,70 1,56 5	5,12	27,54							

Примечание — Виды расположены в порядке уменьшения процентных вкладов; A — плотность поселения (экз./м²), B — биомасса (г/м²), S_i — сходство, SD — стандартное отклонение, CN — процентный вклад, CCN — накопленные проценты.

Таблица А.7 – Результаты нечеткой классификации станций прибрежья Владивостока (съемка 2001 г.) – степень принадлежности станций к выделенным кластерам (экспоненциальный вес — 1,25)

Станция		Кластер						
Станция	I	II	III	IV				
A9	0,968	0,021	0,010	0,001				
U103	0,966	0,022	0,011	0,001				
A11	0,963	0,024	0,012	0,001				
A8	0,954	0,024	0,015	0,007				
A39	0,928	0,062	0,008	0,001				

Продолжение таблицы А.7

Столица	Кластер				
Станция	I	II	III	IV	
A10	0,907	0,076	0,014	0,002	
A16	0,892	0,079	0,025	0,003	
A59	0,891	0,045	0,053	0,012	
A6	0,879	0,073	0,044	0,004	
A12	0,866	0,118	0,014	0,003	
A24	0,825	0,137	0,029	0,009	
A37	0,819	0,149	0,029	0,004	
A55	0,818	0,119	0,053	0,009	
A4	0,666	0,162	0,158	0,014	
U104	0,525	0,353	0,114	0,008	
U17	0,017	0,970	0,012	0,001	
U16	0,028	0,959	0,012	0,002	
A42	0,046	0,950	0,003	0,001	
U108	0,040	0,941	0,017	0,002	
U106	0,038	0,941	0,018	0,003	
U100	0,052	0,933	0,014	0,001	
U11	0,075	0,918	0,006	0,001	
U105	0,085	0,896	0,017	0,002	
U18	0,080	0,883	0,035	0,002	
Z19	0,005	0,003	0,992	0,001	
Z18	0,007	0,005	0,987	0,001	
Z23	0,010	0,007	0,975	0,007	
A28	0,041	0,042	0,913	0,004	
A24a	0,046	0,039	0,908	0,007	
<i>Z</i> 7	0,000	0,000	0,000	0,999	
Z22	0,000	0,000	0,000	0,999	
Z11	0,000	0,000	0,000	0,999	
Z12	0,001	0,001	0,001	0,997	

Примечание — Жирным шрифтом выделены экспоненциальные веса для станций основного кластера, жирным курсивом – дополнительного.

Таблица А.8 – Разложение среднего внутригруппового сходства по вкладам отдельных видов макрозообентоса (первые пять видов) для группировок макрозообентоса выделенных в прибрежье Владивостока в 2001 г.

Таксон	A или B	$\overline{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	<i>CN</i> , %	CCN, %			
Группа І. Плотность поселения. Среднее сходство 40,27 %								
Lumbrineris longifolia	225,95 5,88 2,20 14,59 14,							
Sigambra bassi	86,19	4,14	3,55	10,28	24,88			
Capitella capitata	52,27	3,77	2,01	9,36	34,23			
Theora lubrica	45,45	3,73	2,52	9,25	43,48			
Scalibregma inflatum	62,66	2,72	1,90	6,76	50,24			
Группа І. Биом	асса. Средн	ее сходств	o 32,66 %					
Lumbrineris longifolia	0,90	3,58	2,59	10,96	10,96			
Scalibregma inflatum	6,97	3,35	1,83	10,26	21,23			
Sigambra bassi	0,80	3,11	2,76	9,52	30,75			
Capitella capitata	0,17	2,25	1,77	6,87	37,62			
Theora lubrica	0,14	2,21	2,34	6,77	44,40			

Продолжение таблицы А.8

Таксон	A или B	$\overline{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	<i>CN</i> , %	CCN, %
Группа II. Плотность	поселения.	Среднее сх	кодство 34,		
Lumbrineris longifolia	182,53	3,25	3,80	9,36	9,36
Notomastus latericeus	188,95	1,91	1,19	5,50	14,87
Glycera sp.	31,11	1,66	1,75	4,77	19,64
Scoloplos armiger	101,19	1,63	1,16	4,68	24,32
Ophiura sarsii	59,55	1,35	1,08	3,89	28,21
Группа II. Биом	асса. Средн	ее сходств	o 31,18 %		
Lumbrineris longifolia	1,52	2,34	4,52	7,50	7,50
Ophiura sarsii	15,96	1,98	0,94	6,34	13,85
Cerebratulus marginatus	3,17	1,71	1,06	5,48	19,33
Goniada maculata	2,07	1,41	1,09	4,51	23,83
Scoloplos armiger	1,29	1,37	1,18	4,39	28,22
Группа III. Плотность		Среднее с	ходство 21,		
Philine argentata	59,54	6,43	1,71	30,22	30,22
Macoma sp.	10,45	3,30	0,77	15,50	45,71
Dipolydora cardalia	210,89	2,04	0,61	9,57	55,29
Glycera capitata	205,89	1,66	0,62	7,79	63,08
Lumbrineris longifolia	27,27	1,37	0,59	6,44	69,53
Группа III. Биом			во 19,57 %		
Philine argentata	0,90	4,55	1,88	23,23	23,23
Macoma sp.	68,45	3,68	1,01	18,79	42,02
Asterina pectinifera	7,68	2,65	0,60	13,55	55,57
Dipolydora cardalia	0,95	1,48	0,61	7,58	63,15
Glycera capitata	1,12	1,19	0,61	6,09	69,24
Группа IV. Плотность					
Aphelochaeta pacifica	902,18	24,90	4,16	60,56	60,56
Capitella capitata	365,87	12,58	0,86	30,59	91,15
Группа IV. Био					
Aphelochaeta pacifica	5,86	19,23	2,11	56,59	56,59
Capitella capitata	0,87	9,78	0,86	28,76	85,35
Nereis sp.	0,98	3,26	0,41	9,60	94,94

Примечание — Приведены, по возможности, первые 5 видов. Виды расположены в порядке уменьшения процентных вкладов; \mathcal{S}_i — мера сходства (несходства), SD — стандартное отклонение, CN — процентный вклад, CCN — накопленные проценты.

Таблица А.9 — Результаты нечеткой классификации станций акватории северной части Амурского залива — степень принадлежности станций к выделенным кластерам (экспоненциальный вес — 1,2)

Станция	Кластер				
	I	II	III		
10n	0,992	0,004	0,004		
11n	0,988	0,006	0,005		
8n	0,966	0,018	0,016		
9n	0,893	0,080	0,028		

C	Кластер				
Станция	I	II	III		
A4	0,005	0,980	0,015		
61	0,013	0,972	0,015		
85	0,010	0,964	0,026		
47	0,013	0,950	0,037		
66	0,015	0,940	0,045		
27	0,012	0,936	0,052		
24	0,029	0,921	0,050		
A6	0,014	0,892	0,094		
A11	0,033	0,862	0,105		
7	0,104	0,780	0,116		
1n	0,103	0,708	0,189		
2n	0,140	0,634	0,227		
65	0,187	0,585	0,228		
A9	0,008	0,020	0,972		
A8	0,013	0,039	0,947		
60	0,012	0,041	0,947		
3n	0,018	0,042	0,940		
98	0,008	0,058	0,934		
56	0,024	0,062	0,915		
97	0,032	0,088	0,880		
A16	0,048	0,168	0,784		

Примечание — Жирным шрифтом выделены экспоненциальные веса для станций основного кластера, жирным курсивом – дополнительного.

Таблица A.10 – Разложение среднего внутригруппового сходства по вкладам отдельных видов макрозообентоса для группировок макрозообентоса выделенных на акватории северной части Амурского залива

Таксон	A или B	$\overline{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	<i>CN</i> , %	CCN, %				
Группа І. Плотно	Группа І. Плотность поселения. Среднее сходство 42,36 %								
Corophium crassicorne	797,14	4,34	0,92	17,48	17,48				
Protomedeia sp.	71,43	2,45	0,64	9,85	27,33				
Capitella capitata	122,86	2,40	0,40	9,65	36,98				
Lumbrineris longifolia	71,43	2,30	0,51	9,28	46,26				
Fluviocingula nipponica	440,00	1,93	0,40	7,79	54,04				
Группа І. Б	биомасса. Средне	е сходство	35,48 %						
Corophium crassicorne	0,82	2,45	0,87	11,85	11,85				
Potamocarbicula amurensis	19,26	2,11	0,48	10,22	22,07				
Capitella capitata	1,46	2,05	0,38	9,91	31,98				
Lumbrineris longifolia	0,25	1,79	0,51	8,67	40,66				
Musculista senhousia	1,11	1,63	0,53	7,92	48,57				
Группа ІІ. Плотность поселения. Среднее сходство 42,20%									
Lumbrineris longifolia	869,69	12,29	1,41	37,80	37,80				
Corophium crassicorne	195,07	6,64	1,06	20,44	58,24				

продолжение таблицы и.то		_	T = / / - :	~1.	
Таксон	А или В	$ar{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	<i>CN</i> , %	CCN, %
Capitella capitata	459,62	4,84	0,46	14,88	73,12
Edwardsia japonica	38,60	2,57	0,64	7,90	81,02
Diastylopsis dawsoni	34,98	0,77	0,29	2,36	83,38
Группа II. I	Биомасса. Средне	ее сходств	o 32,36 %		
Lumbrineris longifolia	4,74	8,99	1,34	34,70	34,70
Capitella capitata	1,36	3,80	0,40	14,68	49,37
Corophium crassicorne	0,27	3,49	1,02	13,47	62,85
Edwardsia japonica	3,92	3,21	0,59	12,38	75,22
Potamocarbicula amurensis	25,13	0,80	0,22	3,10	78,33
Группа III. Плотн	ость поселения.	Среднее сх	кодство 40,	20 %	
Aphelochaeta pacifica	931,65	6,94	0,98	21,70	21,70
Diastylopsis dawsoni	74,50	5,15	1,11	16,10	37,81
Lumbrineris longifolia	165,42	3,61	0,76	11,30	49,11
Menestho exarata	133,58	3,50	0,65	10,95	60,05
Phoronopsis harmeri	664,62	2,87	0,33	8,97	69,03
Группа III. 1	Биомасса. Средн	ее сходств	so 31,05 %		
Aphelochaeta pacifica	5,00	4,75	0,95	17,68	17,68
Phoronopsis harmeri	303,09	4,46	0,32	16,63	34,31
Diastylopsis dawsoni	0,86	4,27	1,07	15,92	50,22
Lumbrineris longifolia	0,66	2,60	0,76	9,70	59,93
Menestho exarata	0,79	2,49	0,67	9,28	69,20

Примечание — Где видовые списки обширны, приведены первые 5 видов. Виды расположены в порядке уменьшения процентных вкладов; A — плотность поселения (экз./м²), B — биомасса (г/м²), \mathcal{S}_i — мера сходства (несходства), SD — стандартное отклонение, CN — процентный вклад, CCN — накопленные проценты.

Таблица А.11 — Результаты нечеткой классификации станций в бухте Патрокл и у острова Русский (акватории пролива Босфор Восточный) — степень принадлежности станций к выделенным кластерам (экспоненциальный вес — 1,25)

Станция	Кластер					
Станция	I	II	III	IV		
9R	0,925	0,028	0,016	0,031		
4R	0,923	0,030	0,016	0,031		
11R	0,894	0,033	0,025	0,048		
12R	0,888	0,040	0,030	0,042		
7R	0,875	0,048	0,039	0,038		
3R	0,797	0,058	0,053	0,091		
13R	0,758	0,096	0,049	0,097		
5R	0,733	0,093	0,089	0,085		
8 R	0,627	0,171	0,072	0,130		
6R	0,539	0,235	0,072	0,154		
14R	0,527	0,284	0,082	0,106		
14P	0,027	0,934	0,013	0,027		
15P	0,041	0,895	0,028	0,037		

Станция	Кластер					
Станция	I	II	III	IV		
10P	0,048	0,836	0,041	0,075		
17P	0,104	0,719	0,067	0,109		
19P	0,001	0,001	0,998	0,001		
12P	0,001	0,001	0,996	0,001		
13P	0,001	0,001	0,996	0,002		
18P	0,048	0,047	0,029	0,876		
8P	0,051	0,041	0,036	0,873		
11P	0,047	0,055	0,042	0,857		
9P	0,052	0,040	0,056	0,852		
2P	0,041	0,052	0,056	0,851		
<i>3P</i>	0,067	0,051	0,054	0,828		
4P	0,064	0,064	0,052	0,819		
7P	0,073	0,100	0,045	0,782		
5P	0,077	0,100	0,086	0,737		
6P	0,130	0,157	0,082	0,631		
1P	0,161	0,137	0,096	0,606		

Примечание — Жирным шрифтом выделены экспоненциальные веса для станций основного кластера, жирным курсивом – дополнительного.

Таблица А.12 — Разложение среднего внутригруппового сходства (несходства) по вкладам отдельных видов макрозообентоса для группировок, выделенных на акватории пролива Босфор Восточный (бухта Патрокл и остров Русский)

Таксон	A или B	$\overline{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	<i>CN</i> , %	CCN, %
Группа	а I. Плотность. Ср	еднее сходс	тво 31,86 %		
Acila insignis	57,78	11,92	2,16	37,41	37,41
Scalibregma inflatum	124,44	11,16	2,25	35,03	72,43
Myxicola sp.	53,33	2,89	0,58	9,07	81,51
Lumbrineris sp.	44,44	2,20	0,58	6,90	88,40
Macoma crassula	13,33	1,85	0,58	5,80	94,20
Групп	а І. Биомасса. Ср	еднее сходст	гво 38,08 %		
Acila insignis	42,09	20,64	2,41	54,20	54,20
Scalibregma inflatum	6,78	9,65	2,69	25,34	79,54
Myxicola sp.	3,78	2,71	0,58	7,11	86,65
Macoma crassula	4,18	2,05	0,58	5,38	92,03
Группа	II. Плотность. С	реднее сходо	ство 35,50 %		
Scoloplos armiger	106,67	8,83	1,63	24,88	24,88
Ophiura sarsii	167,27	7,48	1,56	21,07	45,95
Ennucula tenuis	52,12	5,58	1,24	15,73	61,68
Goniada maculata	32,73	2,73	0,76	7,69	69,36
Maldane sarsi	67,88	1,89	0,59	5,34	74,70
Группа	а II. Биомасса. Ср	еднее сходс	тво 35,65 %		
Ophiura sarsii	23,78	9,73	1,70	27,28	27,28
Scoloplos armiger	8,74	8,52	1,59	23,90	51,18
Ennucula tenuis	4,11	5,86	1,20	16,43	67,61
Goniada maculata	2,63	2,57	0,76	7,22	74,83
Maldane sarsi	6,45	2,12	0,55	5,94	80,77

Таксон	A или B	$\overline{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	CN, %	CCN, %
Группа	III. Плотность. С	реднее сход	ство 41,66 %	1	
Nicolea sp.	26,67	6,09	7,37	14,61	14,61
Ennucula tenuis	26,67	5,48	4,53	13,14	27,75
Scalibregma inflatum	40,00	5,45	5,33	13,09	40,85
Goniada maculata	26,67	5,39	20,73	12,94	53,79
Eulalia bilineata	26,67	1,90	0,58	4,57	58,36
Группа	и III. Биомасса. Ср	реднее сходо	тво 39,00 %		
Ennucula tenuis	2,58	5,74	3,87	14,73	14,73
Nicolea sp.	1,83	4,77	7,51	12,23	26,95
Goniada maculata	1,80	4,45	4,93	11,40	38,36
Scalibregma inflatum	2,05	4,29	8,31	11,01	49,36
Cerebratulus marginatus	8,04	3,11	0,58	7,97	57,33
Группа	IV. Плотность. С	реднее сход	ство 43,41%		
Dipolydora cardalia	969,70	5,74	6,44	13,23	13,23
Glycera capitata	93,33	3,75	6,94	8,65	21,88
Lumbrineris longifolia	201,21	3,64	1,83	8,39	30,27
Eulalia bilineata	104,24	3,44	7,44	7,92	38,19
Ennucula tenuis	77,58	2,43	1,31	5,61	43,80
Группа	а IV. Биомасса. С	реднее сходо	ство 39,66%		
Dipolydora cardalia	12,78	5,16	4,84	13,01	13,01
Glycera capitata	1,69	3,13	3,78	7,90	20,91
Eulalia bilineata	1,54	2,81	3,57	7,07	27,98
Ennucula tenuis	2,80	2,72	1,25	6,87	34,85
Lumbrineris longifolia	0,99	2,56	1,79	6,46	41,32

Примечание — Приведены, по возможности, первые 5 видов. Виды расположены в порядке уменьшения процентных вкладов; \mathcal{S}_i — мера сходства (несходства), SD — стандартное отклонение, CN — процентный вклад, CCN — накопленные проценты.

Таблица А.13 – Результаты нечеткой классификации станций прибрежья Владивостока (съемка 2016 г.) – степень принадлежности станций к выделенным кластерам (экспоненциальный вес — 1,2)

Столица		Кластер					
Станция	I	II	III	IV	V		
20u	0,950	0,019	0,006	0,002	0,023		
55u	0,916	0,034	0,011	0,005	0,034		
57u	0,881	0,051	0,014	0,008	0,047		
59u	0,870	0,051	0,021	0,006	0,052		
43u	0,822	0,044	0,022	0,017	0,096		
40u	0,813	0,066	0,022	0,010	0,089		
50a	0,752	0,128	0,051	0,013	0,056		
11u	0,748	0,098	0,037	0,024	0,094		
62a	0,673	0,086	0,115	0,019	0,108		
47a	0,656	0,197	0,060	0,015	0,071		
34a	0,575	0,238	0,077	0,016	0,094		
17u	0,358	0,349	0,088	0,062	0,143		
6u	0,036	0,923	0,022	0,009	0,010		
16a	0,054	0,867	0,048	0,014	0,016		

C=		Кластер								
Станция	I	II	III	IV	V					
13u	0,092	0,850	0,022	0,017	0,020					
2a	0,039	0,835	0,082	0,026	0,019					
4a	0,114	0,632	0,133	0,067	0,054					
21u	0,138	0,589	0,102	0,089	0,082					
35a	0,003	0,003	0,989	0,002	0,004					
26a	0,003	0,004	0,986	0,004	0,003					
9a	0,018	0,062	0,892	0,019	0,010					
Z12	0,001	0,002	0,003	0,993	0,001					
Z7	0,004	0,006	0,007	0,980	0,003					
Z11	0,004	0,007	0,011	0,973	0,006					
Z1	0,088	0,159	0,073	0,622	0,059					
Z22	0,054	0,112	0,149	0,621	0,064					
Z19	0,007	0,002	0,003	0,001	0,986					
Z14	0,012	0,003	0,005	0,002	0,978					
Z18	0,024	0,007	0,005	0,003	0,961					
Z23	0,022	0,008	0,009	0,004	0,958					

Примечание — Жирным шрифтом выделены станции, нерасклассифицированные при помощи кластер-анализа и максимальные значения «силы притяжения», жирным курсивом — величины силы притяжения, превышающие 0,1.

Таблица А.14 — Разложение среднего внутригруппового сходства по вкладам отдельных видов макрозообентоса для группировок, выделенных на акватории прибрежья Владивостока (съемка 2016 г.)

Вид	А или В	$\overline{\mathcal{S}_i}$	$\overline{\delta_i}/SD(\delta_i)$	<i>CN</i> , %	CCN, %						
Плотность. Группа I. Среднее сходство: 32,1											
Aphelochaeta pacifica	338,0	14,98	0,94	43,53	43,53						
Capitella capitata	65,0	11,39	1,12	35,47	79,00						
Schistomeringos japonica	191,0	5,62	0,57	17,51	96,51						
Nereis sp.	4,0	1,12	0,32	3,49	100,00						
Биомасса. Группа I. Среднее сходство: 27,73											
Aphelochaeta pacifica	3,40	12,91	0,96	46,57	46,57						
Capitella capitata	0,62	8,77	1,14	31,61	78,18						
Schistomeringos japonica	2,13	4,40	0,60	15,86	94,05						
Nereis sp.	9,56	1,65	0,32	5,95	100,00						
Плотност	ь. Группа II. Ср	еднее сход	цство: 55,5								
Ophiura sarsii	618,8	8,95	4,82	16,13	16,13						
Aphelochaeta pacifica	242,5	6,30	2,91	11,35	27,47						
Scoloplos armiger	148,8	6,04	2,31	10,88	38,35						
Lumbrineris longifolia	73,8	5,31	5,85	9,56	47,91						
Macoma scarlatoi	35,0	4,29	4,60	7,73	55,64						
Биомасса	ı. Группа II. Ср	еднее сход	ство: 54,0								
Macoma scarlatoi	274,88	13,33	4,38	24,67	24,67						
Ophiura sarsii	35,70	8,18	4,83	15,16	39,83						
Scoloplos armiger	5,13	4,44	2,00	8,22	48,05						
Aphelochaeta pacifica	6,22	4,27	2,24	7,91	55,96						
Lumbrineris longifolia	0,78	3,33	4,63	6,17	62,13						

Вид	А или В	$\overline{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	CN, %	CCN, %			
	Группа III. Ср			C11, 70	CC11, 70			
Ophiura sarsii	151,7	5,21	4,65	12,86	12,86			
Lumbrineris longifolia	71,3	4,86	3,96	11,98	24,84			
Scoloplos armiger	106,7	4,09	1,88	10,10	34,94			
Ennucula tenuis	94,2	4,09	1,88	10,09	45,03			
Maldane sarsi	475,8	3,41	1,07	8,42	53,45			
Биомасса. Группа III. Среднее сходство: 36,1								
Ophiura sarsii	20,75	5,59	2,67	15,47	15,47			
Ennucula tenuis	7,85	4,09	1,70	11,31	26,78			
Scoloplos armiger	4,85	3,71	1,67	10,28	37,06			
Lumbrineris longifolia	1,70	3,48	2,64	9,62	46,68			
Maldane sarsi	6,99	3,15	1,06	8,71	55,39			
	Группа IV. С	,		- 7 -	,			
Phoronopsis harmeri	4000,0	13,57	1,78	25,87	25,87			
Aphelochaeta pacifica	500,0	10,38	87,03	19,79	45,66			
Schistomeringos japonica	36,7	5,59	28,61	10,65	56,31			
Maldane sarsi	13,3	3,88	91,17	7,39	63,70			
Notomastus latericeus	60,0	2,48	0,58	4,73	68,43			
Биомасса. Г	руппа IV. Сре	еднее сход	ство: 44,72					
Phoronopsis harmeri	822,75	15,29	1,59	34,20	34,20			
Aphelochaeta pacifica	10,42	7,81	10,33	17,46	51,66			
Schistomeringos japonica	0,38	3,57	16,22	7,99	59,65			
Scalibregma inflatum	13,15	3,22	0,58	7,20	66,85			
Maldane sarsi	0,73	2,71	4,30	6,06	72,91			
Плотность.	Группа V. Ср	еднее сход	цство: 26,5					
Maldane sarsi	368,3	11,20	0,98	42,21	42,21			
Sigambra bassi	10,8	6,16	1,19	23,23	65,45			
Lumbrineris longifolia	45,0	4,22	0,71	15,91	81,35			
Scalibregma inflatum	17,5	1,22	0,47	4,58	85,93			
Ascidia fam. gen. sp.	5,0	1,15	0,47	4,34	90,28			
Биомасса.	Группа V. Ср	еднее сход	ство: 19,2					
Maldane sarsi	29,14	9,79	0,95	50,94	50,94			
Sigambra bassi	0,16	3,60	1,00	18,73	69,67			
Lumbrineris longifolia	0,48	2,00	0,64	10,42	80,09			
Glycera sp.	0,42	0,81	0,44	4,24	84,33			
Ascidia fam. gen. sp.	1,39	0,79	0,46	4,11	88,44			
Примочения Природония			DI 10 5 DILHOD	D				

Примечание — Приведены, по возможности, первые 5 видов. Виды расположены в порядке уменьшения процентных вкладов; \mathcal{S}_i — мера сходства, SD — стандартное отклонение, CN — процентный вклад, CCN — накопленные проценты.

Таблица А.15 – Результаты нечеткой классификации станций прибрежья Владивостока (съемка 2018 г.) – степень принадлежности станций к выделенным кластерам (экспоненциальный вес — 1,25)

Станция		Кластер						
	I	II	III	IV				
A24	0,991	0,004	0,001	0,004				
A16	0,990	0,005	0,001	0,005				
A52	0,029	0,900	0,008	0,063				
U104	0,021	0,908	0,006	0,064				

Столица		Кла	стер	
Станция	I	II	III	IV
A11	0,050	0,867	0,012	0,072
A12	0,043	0,836	0,030	0,091
U108	0,000	0,000	0,998	0,001
U208	0,000	0,000	0,998	0,001
A37	0,045	0,071	0,029	0,855
A35	0,029	0,073	0,050	0,849
U100	0,035	0,115	0,033	0,817
U106	0,029	0,067	0,099	0,806
U105	0,072	0,169	0,072	0,686
U16	0,107	0,185	0,017	0,691
A28	0,147	0,163	0,029	0,660
U103	0,074	0,287	0,022	0,617

Примечание — Жирным шрифтом выделены экспоненциальные веса для станций основного кластера, жирным курсивом – дополнительного.

Таблица А.16 — Разложение среднего внутригруппового сходства по вкладам отдельных видов макрозообентоса (первые пять видов) для группировок макрозообентоса выделенных в прибрежье Владивостока в 2018 г.

Таксон	<i>А</i> или <i>В</i>	$ar{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	CN, %	CCN, %					
Группа І. Плоз	гность поселе	ения. Средне	е схолство 56	9 %	/0					
Aphelochaeta pacifica	1975,00 9,04 - 15,88									
Dipolydora cardalia	302,50	6,27	_	11,01	15,88 26,89					
Notomastus latericeus	142,50	5,80	_	10,18	37,07					
Sigambra bassi	160,00	5,57	_	9,78	46,85					
Lumbrineris longifolia	347,50	5,24	_	9,20	56,05					
Группа І. Биомасса. Среднее сходство 48,7 %										
Aphelochaeta pacifica	38,80	6,73	_	13,84	13,84					
Dipolydora cardalia	5,95	5,07	_	10,42	24,25					
Phoronopsis harmeri	518,78	4,53	_	9,31	33,57					
Notomastus latericeus	4,45	4,50	_	9,24	42,81					
Lumbrineris longifolia	3,70	4,04	_	8,29	51,10					
Группа II. Пло	тность посел	ения. Средне	е сходство 35	5,7 %						
Lumbrineris longifolia	686,25	8,36	7,28	23,40	23,40					
Sigambra bassi	61,25	4,29	3,79	12,00	35,40					
Philine argentata	30,00	3,70	2,71	10,35	45,76					
Maldane sarsi	720,00	3,12	0,87	8,74	54,49					
Ampharete sp.	46,25	2,01	0,91	5,63	60,13					
Группа І	I. Биомасса. (Среднее сход	ство 29,1 %							
Lumbrineris longifolia	6,66	5,11	5,69	17,54	17,54					
Maldane sarsi	47,68	3,81	0,89	13,09	30,63					
Philine argentata	1,25	3,11	2,40	10,66	41,29					
Sigambra bassi	0,73	2,66	3,68	9,14	50,42					
Ampharete sp.	1,04	1,55	0,91	5,33	55,76					

Таксон	A или B	$\overline{\mathcal{S}_i}$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	CN, %	CCN, %				
Группа III. Пло	тность посел	ения. Средне	ее сходство 70	0,1 %					
Praxillella gracilis	435,00	3,77	_	5,38 5,3					
Protomedeia epimerata	242,50	3,22	_	4,58	9,96				
Glycera capitata	170,00	3,19	_	4,54	14,51				
Owenia fusiformis	130,00	3,10	_	4,42	18,92				
Scoloplos armiger	140,00	3,03	_	4,33	23,25				
Группа І	II. Биомасса.	Среднее сход	цство 67,7 %						
Pelonaia corrugata	40,00	4,66	_	6,88	6,88				
Praxillella gracilis	11,50	3,58	_	5,28	12,16				
Sternaspis scutata	11,08	3,31	_	4,89	17,06				
Yoldia keppeliana	8,25	3,15	_	4,66	21,71				
Scoloplos armiger	3,80	3,01	_	4,44	26,15				
Группа IV. Пло	тность посел	ения. Средне	ее сходство 3'	7,6 %					
Ophiura sarsii	346,25	4,14	3,58	11,02	11,02				
Acila insignis	223,75	4,00	4,49	10,64	21,66				
Lumbrineris longifolia	273,13	3,57	2,99	9,50	31,16				
Nemertea fam. gen. sp.	29,38	2,50	5,16	6,64	37,80				
Maldane sarsi	373,75	2,41	1,48	6,41	44,21				
Группа Г	V. Биомасса.	Среднее сход	цство 37,2 %						
Ophiura sarsii	45,59	5,43	2,77	15,38	15,38				
Acila insignis	25,96	4,46	4,24	12,62	27,99				
Maldane sarsi	19,41	2,56	1,49	7,24	35,23				
Lumbrineris longifolia	3,07	2,48	2,58	7,02	42,25				
Nemerteafam.gen.sp.	25,03	2,24	3,74	6,34	48,59				

Примечание — Приведены, по возможности, первые 5 видов. Виды расположены в порядке уменьшения процентных вкладов; δ_i — мера сходства, SD — стандартное отклонение, CN — процентный вклад, CCN — накопленные проценты.

Таблица А.17 – Результаты нечеткой классификации станций прибрежья Владивостока (съемка 2019 г.) – степень принадлежности станций к выделенным кластерам (экспоненциальный вес — 1,15)

Столуула	Кластер						
Станция	I	II	III				
R13	0,975	0,024	0,001				
Z24	0,970	0,030	0,001				
R8	0,968	0,030	0,002				
R4	0,968	0,031	0,002				
P4	0,964	0,034	0,002				
R11	0,959	0,038	0,003				
Z25	0,912	0,074	0,014				
Z18	0,905	0,086	0,010				
R9	0,903	0,096	0,001				
<i>U17</i>	0,826	0,103	0,071				
R3	0,790	0,195	0,015				
U100	0,751	0,236	0,013				
a16	0,680	0,280	0,040				

Столица		Кластер	
Станция	I	II	III
u40	0,601	0,388	0,011
U103	0,600	0,391	0,010
Z15	0,015	0,982	0,003
Z16	0,018	0,981	0,001
Z19	0,020	0,978	0,002
Z14	0,017	0,973	0,009
Z20	0,033	0,960	0,006
P2	0,074	0,925	0,001
Z23	0,073	0,923	0,004
a35	0,083	0,892	0,025
A24	0,226	0,580	0,193
Z21	0,449	0,483	0,068
<i>Z3</i>	0,001	0,002	0,997
<i>Z</i> 2	0,001	0,002	0,997
<i>Z</i> 7	0,002	0,002	0,996
Z4	0,003	0,005	0,993
Z11	0,003	0,010	0,987
Z22	0,031	0,061	0,908
Z1	0,069	0,066	0,866
Z12	0,034	0,119	0,847

Примечание — Жирным шрифтом выделены экспоненциальные веса для станций основного кластера, жирным курсивом – дополнительного.

Таблица А.18 — Разложение среднего внутригруппового сходства по вкладам отдельных видов макрозообентоса (первые пять видов) для группировок макрозообентоса выделенных в прибрежье Владивостока в 2019 г.

Таксон	A или B	$ar{\mathcal{\delta}_i}$	$\overline{\delta_i}/SD(\delta_i)$	CN, %	CCN, %						
Группа І. Пло	тность посел	ения. Средне	е сходство 43	3,0 %							
Lumbrineris longifolia	266,70	5,12	2,68	11,90	11,90						
Ophiura sarsii	159,90	4,28	3,51	9,94	21,84						
Maldane sarsi	271,80	3,87	1,98	8,99	30,83						
Nemertea fam. gen. sp.	41,70	3,08	4,10	7,15	37,98						
Ennucula tenuis	98,70	2,70	1,17	6,28	44,26						
Группа	Группа І. Биомасса. Среднее сходство 41,1 %										
Ophiura sarsii	20,51	5,36	2,84	13,05	13,05						
Lumbrineris longifolia	6,78	4,23	2,99	10,29	23,34						
Maldane sarsi	14,24	4,02	1,83	9,79	33,13						
Nemertea fam. gen. sp.	2,95	3,21	3,27	7,81	40,94						
Scoloplos armiger	6,11	2,64	1,03	6,43	47,37						
Группа II. Пло	тность посел	ения. Средне	ее сходство 4	7,5 %							
Lumbrineris longifolia	160,65	5,24	6,74	11,04	11,04						
Scoloplos armiger	123,75	4,52	1,77	9,53	20,57						
Schistomeringos japonica	150,75	4,45	3,87	9,37	29,94						
Aphelochaeta pacifica	994,95	4,41	1,44	9,30	39,24						
Notomastus latericeus	57,60	4,08	6,26	8,59	47,82						

Таксон	A или B	$\overline{\mathcal{S}}_i$	$\delta_i/SD(\delta_i)$	CN, %	CCN, %						
Группа II. Биомасса. Среднее сходство 44,1 %											
Macoma scarlatoi	219,42	6,79	0,91	15,40	15,40						
Ophiura sarsii	9,86	4,20	1,91	9,53	24,93						
Scoloplos armiger	7,49	3,73	1,61	8,46	33,38						
Notomastus latericeus	1,82	3,49	4,31	7,93	41,31						
Lumbrineris longifolia	1,60	3,22	6,45	7,30	48,61						
Группа III. Пл	отность посел	тения. Средн	ее сходство 3	7,2 %							
Aphelochaeta pacifica	1850,06	9,49	1,45	25,55	25,55						
Schistomeringos japonica	464,63	6,09	1,26	16,38	41,94						
Chone cincta	1725,19	5,73	0,99	15,44	57,37						
Cheilonereis cyclurus	42,19	3,56	0,93	9,58	66,95						
Capitella capitata	8,44	3,07	0,67	8,27	75,23						
Группа 1	II. Биомасса.	Среднее схо	дство 33,7 %								
Aphelochaeta pacifica	16,00	7,94	1,46	23,55	23,55						
Schistomeringos japonica	4,80	5,00	1,15	14,84	38,39						
Cheilonereis cyclurus	2,84	4,84	0,95	14,37	52,76						
Chone cincta	1,99	4,49	0,95	13,32	66,08						
Capitella capitata	0,07	2,16	0,66	6,40	72,49						

Примечание — Приведены, по возможности, первые 5 видов. Виды расположены в порядке уменьшения процентных вкладов; δ_i — мера сходства, SD — стандартное отклонение, CN — процентный вклад, CCN — накопленные проценты.

Таблица А.19 — Результаты пошагового регрессионного анализа различных биологических характеристик сообществ макрозообентоса, факторов среды и параметры уравнений линейной регрессии $Y = b_0 + b_1 X_1 + ... + b_n X_n$

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i^*	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_i)$	t	p_i
Акватория к северу от устья реки Туманной: I. "L. longifolia" + E. cordatum											
Индекс Маргалефа, <i>R</i> ANOVA: <i>F</i> =6,95 <i>p</i> =0,034	b_0 TPF	_ 1	- 0,498	- 0,498	- 0,034	- 0,706	- 0,268	8,426 13,19	7,011 5,001	1,202 2,637	0,269 0,034
1 -0,25 p-0,05 i	b_0	1	0,470	0,476	0,054	0,700	0,200	382,6	54,31	7,04	0,000
Плотность поселения, А	SKEW	1	0,355	0,355	0,091	0,585	0,22	22,41	8,62	2,60	0,041
ANOVA: <i>F</i> =6,89 <i>p</i> =0,028	$C_{ m opr.}$	2	0,697	0,342	0,041	0,594	0,22	93,60	35,41	2,64	0,038
Биомасса, В	b_0	_	_	_	_	_	_	-242,9	65,23	-3,724	0,007
ANOVA: $F=37,0 p=0,000$	ENTR	1	0,841	0,841	0,001	0,917	0,151	899,4	147,9	6,079	0,001
	b_0	_	_	_	_	_	-	0,982	0,169	5,809	0,002
Индекс Шеннона-Винера, Н	SKEW	1	0,633	0,633	0,010	-1,030	0,095	-0,832	0,077	-10,82	0,000
ANOVA: F=60,8 p=0,000	KURT	2	0,906	0,273	0,006	0,477	0,074	0,044	0,007	6,423	0,001
	Dpth	3	0,973	0,067	0,017	0,341	0,096	0,045	0,013	3,539	0,017
	b_0	_	_	_	-	-	-	0,461	0,046	10,02	0,000
Индекс Пиелу, e	SKEW	1	0,681	0,681	0,006	-0,374	0,111	-0,081	0,024	-3,363	0,020
ANOVA: <i>F</i> =37,07 <i>p</i> =0,001	WaF	2	0,869	0,187	0,026	-1,012	0,106	-0,184	0,019	-9,552	0,000
	KURT	3	0,957	0,088	0,024	0,315	0,098	0,007	0,002	3,202	0,024
	b_0	_	_	_	_	_	-	0,401	0,020	19,75	0,000
Статистика Кларка, W ANOVA:	F_2Org	1	0,405	0,405	0,066	1,414	0,084	0,085	0,005	16,91	0,000
F=107,9 p=0,000	$C_{ m opr.}$	2	0,848	0,444	0,006	-0,916	0,068	-0,017	0,001	-13,43	0,000
	ENTR	3	0,985	0,137	0,001	-0,475	0,071	-0,312	0,047	-6,700	0,001
	b_0	_	_	_	_	_	-	0,642	0,110	5,816	0,002
Индекс <i>AMBI</i> ANOVA: F=25,4 p=0,002	SD	1	0,638	0,638	0,010	0,992	0,128	1,372	0,177	7,736	0,001
	SKEW	2	0,780	0,142	0,096	0,991	0,201	0,183	0,037	4,929	0,004
	GrF_3	3	0,938	0,158	0,016	-0,693	0,193	-0,111	0,031	-3,585	0,016
Индекс <i>M-AMBI</i>	b_0	_	_	_	-	-	-	0,716	0,061	11,81	0,000
ANOVA: F=1,27 p=0,297	KURT	1	0,154	0,154	0,297	-0,392	0,348	-0,005	0,004	-1,127	0,297

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i^*	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
Акватория к северу от устья реки Туманной: IV. A. macrocephala											
	b_0	_	_	_	_	_	_	12,01	2,709	4,436	0,001
	$OrgF_2$	1	0,451	0,451	0,004	-1,033	0,207	-7,795	1,562	-4,992	0,000
	SKEW	2	0,655	0,205	0,016	-1,442	0,124	-30,34	2,619	-11,59	0,000
	WaF	3	0,801	0,145	0,012	2,201	0,252	49,05	5,613	8,739	0,000
Плотность поселения, <i>A</i> ANOVA: <i>F</i> =116 <i>p</i> =0,000	b_0	-	_	_	-	_	_	-2474	242,5	-10,20	0,000
	MEAN	1	0,572	0,572	0,001	0,323	0,056	6859	1198	5,725	0,000
	WaF	2	0,729	0,158	0,016	-1,127	0,083	-6342	469,1	-13,52	0,000
	$OrgF_2$	3	0,819	0,090	0,031	-0,595	0,060	-1451	145,4	-9,981	0,000
	$OrgF_1$	4	0,977	0,158	0,000	-0,625	0,072	-907,7	104,6	-8,681	0,000
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =8,70 <i>p</i> =0,004	b_0	_	_	_	_	_	_	95,22	25,68	3,708	0,003
	$OrgF_1$	1	0,410	0,410	0,008	0,640	0,181	84,22	23,87	3,529	0,004
	$OrgF_2$	2	0,572	0,162	0,045	-0,403	0,181	-88,91	40,04	-2,220	0,045
Индекс Шеннона-Винера, <i>H</i> ANOVA: <i>F</i> =9,34 <i>p</i> =0,009	b_0	-	_	_	-	_	_	3,358	0,153	21,95	0,000
	GrF_3	1	0,400	0,400	0,009	-0,633	0,207	-0,534	0,175	-3,056	0,009
Индекс Пиелу, <i>e</i> ANOVA: <i>F</i> =8,17 <i>p</i> =0,013	b_0	-		_	-	_	-	0,421	0,075	5,585	0,000
	GrL_1	1	0,368	0,368	0,013	0,607	0,212	0,331	0,116	2,858	0,013
Статистика Кларка, W ANOVA: F=19,6 p=0,001	b_0	_	_	_	-	_	-	0,018	0,017	1,090	0,294
	GrF_2	1	0,583	0,583	0,001	-0,764	0,173	-0,085	0,019	-4,426	0,001
Индекс <i>AMBI</i> ANOVA: <i>F</i> =37,0 <i>p</i> =0,000	b_0	-	_	_	-	_	_	2,644	0,180	14,73	0,000
	GrL_2	1	0,664	0,664	0,000	-0,783	0,108	-1,549	0,213	-7,278	0,000
	GrF_1	2	0,850	0,186	0,001	-0,432	0,108	-1,912	0,476	-4,021	0,001
Индекс <i>M-AMBI</i> ANOVA: <i>F</i> =36,4 <i>p</i> =0,000	b_0	_	_	_	_	_	_	0,776	0,019	41,24	0,000
	MEAN	1	0,614	0,614	0,000	-0,667	0,094	-0,442	0,062	-7,106	0,000
	$OrgF_2$	2	0,839	0,225	0,001	0,780	0,143	0,059	0,011	5,452	0,000
	GrF_1	3	0,901	0,062	0,018	0,390	0,142	0,129	0,047	2,749	0,018

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
	Прибрежье В	ладиво	стока (2001 г.	.): I. "L. longifor	lia'' + S.	bassi + S.	inflatum				
Индекс Маргалефа, <i>R</i>	b_0	_	_	_	_	_	_	13,33	1,023	13,03	0,000
ANOVA: <i>F</i> =16,19 <i>p</i> =0,002	PoF_3	1	0,574	0,574	0,002	0,758	0,188	7,320	1,819	4,024	0,002
	b_0	_	_	_	-	_	-	5751	1132	5,078	0,000
Плотность поселения, А	PoF_3	1	0,793	0,793	0,000	0,561	0,090	1840	295,5	6,228	0,000
ANOVA: <i>F</i> =67,81 <i>p</i> =0,000	SD	2	0,905	0,112	0,004	-0,386	0,078	-9209	1868	-4,929	0,001
	$C_{ m opr.}$	3	0,953	0,048	0,009	0,262	0,082	483,5	150,6	3,210	0,009
	b_0	1	_	_	1	-	-	-180,3	200,1	-0,901	0,389
Биомасса, В	GrF_3	1	0,180	0,180	0,131	0,442	0,254	103,4	59,43	1,740	0,112
ANOVA: <i>F</i> =1,86 <i>p</i> =0,201	MeF_1	2	0,270	0,090	0,268	-0,341	0,256	-534,9	401,4	-1,332	0,212
	MeF_2	3	0,358	0,088	0,269	0,299	0,256	107,5	91,91	1,170	0,269
Индекс Шеннона-Винера, Н	b_0	-	_	_	-	-	-	1,004	0,456	2,204	0,048
ANOVA: <i>F</i> =4,90 <i>p</i> =0,047	Dpth	1	0,290	0,290	0,047	0,539	0,243	0,050	0,022	2,215	0,047
	b_0	_	_	_	_	_	-	0,752	0,107	7,001	0,000
Индекс Пиелу, е	GrF_3	1	0,240	0,240	0,075	-0,208	0,207	-0,036	0,036	-1,004	0,339
ANOVA: <i>F</i> =6,01 <i>p</i> =0,013	$C_{ m opr.}$	2	0,371	0,130	0,159	-0,751	0,238	-0,134	0,042	-3,152	0,010
	Dpth	3	0,643	0,273	0,020	0,644	0,233	0,014	0,005	2,765	0,020
C K W	b_0	1	_	_	1	-	-	-0,784	0,432	-1,815	0,097
Статистика Кларка, <i>W</i> ANOVA: <i>F</i> =6,76 <i>p</i> =0,012	GrF_2	1	0,341	0,341	0,028	0,716	0,210	0,285	0,084	3,408	0,006
A100 VA. 1 =0,70 p=0,012	ENTR	2	0,551	0,210	0,044	0,477	0,210	1,435	0,633	2,268	0,044
Индекс <i>АМВІ</i>	b_0	-	_		_	_	_	0,749	0,537	1,394	0,189
ANOVA: <i>F</i> =18,1 <i>p</i> =0,001	$C_{ m opr.}$	1	0,602	0,602	0,001	0,776	0,182	0,756	0,178	4,257	0,001
Marriago M. AMDI	b_0	1	_	_	-	_	-	0,603	0,069	8,777	0,000
Индекс <i>M-AMBI</i> ANOVA: <i>F</i> =5,14 <i>p</i> =0,027	$C_{ m opr.}$	1	0,253	0,253	0,066	-0,790	0,253	-0,079	0,025	-3,127	0,010
1110 111.1 –3,17 p–0,021	Dpth	2	0,483	0,229	0,049	0,558	0,253	0,007	0,003	2,209	0,049

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_i)$	t	p_i
	Прибрежье 1	Владиво	остока (2001 г	.): II. L. longifol	ia + 0. sa	arsii + S. a	armiger				
H M 1 DANOVA	b_0	_	_	_	_	_	_	16,07	2,261	7,108	0,000
Индекс Маргалефа, <i>R</i> ANOVA: <i>F</i> =12,4 <i>p</i> =0,000	Dpth	1	0,387	0,387	0,003	0,504	0,160	0,288	0,091	3,150	0,006
r=12,4 p=0,000	GrF_1	2	0,592	0,205	0,009	-0,468	0,160	-5,654	1,934	-2,924	0,009
	b_0	_	_	_	-	_	-	-346	426,4	-0,812	0,429
Плотность поселения, A	SD	1	0,372	0,372	0,004	-1,045	0,107	-1633	167,8	-9,730	0,000
ANOVA: <i>F</i> =55,2 <i>p</i> =0,000	$C_{ m opr.}$	2	0,526	0,154	0,031	1,418	0,122	2483	213,0	11,66	0,000
	GrF_3	3	0,837	0,311	0,000	0,908	0,089	10611	1040	10,20	0,000
F	b_0	_	_	_	_	-	_	9049	2319	3,903	0,001
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =11,8 <i>p</i> =0,001	ENTR	1	0,344	0,344	0,007	-2,305	0,575	-9234	2303	-4,010	0,001
711.0 V 71. 7 = 11,0 p=0,001	SD	2	0,582	0,238	0,006	-1,787	0,575	-3314	1066	-3,108	0,006
н ш Б и	b_0	_	_	_	-	_	_	2,794	0,128	21,80	0,000
Индекс Шеннона-Винера, H ANOVA: $F=52,0$ $p=0,000$	GrF_1	1	0,807	0,807	0,000	-0,838	0,094	-0,978	0,110	-8,922	0,000
A100 v A. 1 – 32,0 p – 0,000	Dpth	2	0,859	0,053	0,022	0,237	0,094	0,013	0,005	2,522	0,022
Индекс Пиелу, <i>е</i>	b_0	_	_	_	_	_	_	0,703	0,019	37,75	0,000
ANOVA: <i>F</i> =25,3 <i>p</i> =0,000	GrF_1	1	0,585	0,585	0,000	-0,765	0,152	-0,154	0,031	-5,034	0,000
C WANOWA	b_0	_	_	_	_	_	_	1,105	0,435	2,541	0,021
Статистика Кларка, W ANOVA: $F=11,2$ $p=0,001$	ENTR	1	0,433	0,433	0,002	-0,466	0,180	-1,444	0,557	-2,594	0,019
r=11,2 p=0,001	MeF_2	2	0,570	0,136	0,033	-0,416	0,180	-0,129	0,056	-2,318	0,033
II AMBY	b_0	_	_	_	_	_	_	-1,240	1,549	-0,801	0,434
Индекс <i>AMBI</i> ANOVA: <i>F</i> =24,3 <i>p</i> =0,000	MeF_1	1	0,636	0,636	0,000	0,657	0,135	2,096	0,429	4,882	0,000
1110 111. 1 –24,3 p–0,000	ENTR	2	0,740	0,105	0,018	0,352	0,135	5,279	2,017	2,617	0,018
II MAMPI	b_0	_	_	_	_	_	_	0,876	0,060	14,65	0,000
Индекс <i>M-AMBI</i> ANOVA: <i>F</i> =42,0 <i>p</i> =0,000	GrF_1	1	0,743	0,743	0,000	-0,793	0,103	-0,188	0,024	-7,679	0,000
ANO VA. 1 –42,0 p–0,000	TPF	2	0,828	0,085	0,010	-0,300	0,103	-0,078	0,027	-2,901	0,010

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_i)$	t	p_i
При	брежье Владивос	стока (2	2001 г.): III. <i>I</i>	P. argentata + .	Масота	sp. (удво	енная в	ыборка)			
и м 1 в	b_0	_	_	_	_	_	_	7,883	0,349	22,56	0,000
Индекс Маргалефа, <i>R</i> ANOVA: <i>F</i> =271 <i>p</i> =0,000	GrF_1	1	0,767	0,767	0,001	-0,478	0,043	-6,465	0,588	-11,00	0,000
ANOVA. F=2/1 p=0,000	PoF_3	2	0,987	0,220	0,000	0,970	0,043	11,47	0,515	22,29	0,000
П 4	b_0	_	_	_	-	-	_	-1051	491,3	-2,139	0,070
Плотность поселения, A ANOVA: F =28,1 p =0,000	$C_{ m opr.}$	2	0,889	0,307	0,003	0,654	0,148	1005	228,2	4,404	0,003
ANOVA. F=28,1 p=0,000	MeF_2	1	0,582	0,582	0,010	-1,109	0,148	-2202	294,7	-7,473	0,000
Гуулгана В	b_0	1	_	_	-	_	-	-603,3	116,5	-5,181	0,001
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =38,9 <i>p</i> =0,000	MeF_1	1	0,706	0,706	0,002	-0,960	0,112	-888,1	103,8	-8,554	0,000
711.0 VA. 1 = 30,7 p=0,000	ENTR	2	0,917	0,212	0,004	0,475	0,112	666,6	157,3	4,238	0,004
Wywaria IIIayyyaya Dyyyana II	b_0	_	_	_	_	_	_	1,477	0,076	19,42	0,000
Индекс Шеннона-Винера, <i>H</i> ANOVA: <i>F</i> =71,2 <i>p</i> =0,000	GrF_1	1	0,636	0,636	0,006	-0,574	0,083	-0,882	0,128	-6,886	0,000
711.0 VII. I = 71,2 p=0,000	PoF_3	2	0,953	0,317	0,000	0,910	0,083	1,223	0,112	10,91	0,000
Ихитомо Пусти	b_0	_	_	_	_	-	_	0,424	0,046	9,273	0,000
Индекс Пиелу, <i>e</i> ANOVA: <i>F</i> =20,5 <i>p</i> =0,001	Dpth	1	0,491	0,491	0,024	0,898	0,152	0,018	0,003	5,906	0,001
711.0 VII. I =20,3 p=0,001	MeF_2	2	0,854	0,363	0,004	0,634	0,152	0,060	0,014	4,171	0,004
Статистика Кларка, W	b_0	_	_	_	_	_	_	0,164	0,011	14,82	0,000
ANOVA: <i>F</i> =208 <i>p</i> =0,000	GrF_3	1	0,963	0,963	0,000	0,981	0,068	0,173	0,012	14,44	0,000
Индекс <i>АМВІ</i>	b_0	-	_	_	_	_	_	0,625	0,146	4,267	0,004
ANOVA: <i>F</i> =141 <i>p</i> =0,000	GrF_3	1	0,626	0,626	0,006	-0,997	0,062	-1,562	0,098	-16,02	0,000
	$C_{ m opr.}$	2	0,976	0,350	0,000	0,626	0,062	0,631	0,063	10,06	0,000
Индекс <i>M-AMBI</i>	b_0	_	_	_	_	_	_	1,366	0,060	22,65	0,000
ANOVA: <i>F</i> =236 <i>p</i> =0,000	ENTR	1	0,967	0,967	0,000	-0,983	0,064	-1,384	0,090	-15,37	0,000

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i^*	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
	Прибрежье Вл	адивос	тока (2001 г.):	III. P. argentate	a + Maco	<i>ma</i> sp. (по	о пробам))			
H M 1 DANOVA	b_0	_	_	_	_	_	_	14,51	2,797	5,188	0,000
Индекс Маргалефа, <i>R</i> ANOVA: <i>F</i> =84,1 <i>p</i> =0,000	GrF_3	1	0,858	0,858	0,000	-0,937	0,075	-12,37	0,987	-12,53	0,000
1 -04,1 p-0,000	MEAN	2	0,939	0,080	0,003	-0,284	0,075	-21,41	5,644	-3,793	0,003
	b_0	_	_	_	-	-	-	254,8	303,9	0,838	0,420
Плотность поселения, A ANOVA: $F=20,7$ $p=0,000$	GrF_3	1	0,703	0,703	0,000	-0,391	0,183	-659,7	308,9	-2,136	0,056
71110 VII. I =20,7 p=0,000	GrF_2	2	0,790	0,087	0,056	-1,095	0,183	-2445	408,6	-5,985	0,000
	b_0	_	_	_	-	-	-	-26,33	13,51	-1,948	0,080
Биомасса, В	PoF_3	1	0,642	0,642	0,001	0,898	0,066	40,31	2,978	13,54	0,000
ANOVA: <i>F</i> =74.9 <i>p</i> =0,000	MeF_1	2	0,886	0,244	0,001	-0,831	0,105	-130,5	16,42	-7,948	0,000
	Dpth	3	0,957	0,072	0,002	0,425	0,104	2,497	0,609	4,098	0,002
и и в	b_0	-	_	_	-	_	_	2,624	0,446	5,878	0,000
Индекс Шеннона-Винера, <i>H</i> ANOVA: <i>F</i> =86,4 <i>p</i> =0,000	MeF_2	1	0,870	0,870	0,000	-0,965	0,074	-1,686	0,130	-12,98	0,000
ANOVA. 1 – 60,4 p – 0,000	TPF	2	0,940	0,070	0,004	-0,266	0,074	-0,762	0,213	-3,583	0,004
	b_0	_	_	_	-	-	-	1,102	0,340	3,244	0,009
Индекс Пиелу, е	MeF_2	1	0,529	0,529	0,003	-0,867	0,159	-0,306	0,056	-5,466	0,000
ANOVA: <i>F</i> =18,7 <i>p</i> =0,000	PoF_3	2	0,789	0,261	0,004	0,679	0,149	0,366	0,080	4,570	0,001
	ENTR	3	0,849	0,060	0,075	-0,321	0,161	-0,988	0,497	-1,988	0,075
	b_0	_	_	_	-	_	_	0,197	0,030	6,627	0,000
Статистика Кларка, W ANOVA:	PoF_3	1	0,620	0,620	0,001	0,793	0,119	0,336	0,050	6,672	0,000
F=30.3 p=0,000	GrF_2	2	0,756	0,136	0,031	0,691	0,133	0,158	0,030	5,199	0,000
	GrF_3	3	0,901	0,145	0,003	0,543	0,142	0,164	0,043	3,818	0,003
	b_0	_	_	_	_	_	_	1,570	0,571	2,749	0,021
Индекс <i>АМВІ</i>	Dpth	1	0,526	0,526	0,003	0,345	0,164	0,077	0,037	2,099	0,062
ANOVA: <i>F</i> =18.3 <i>p</i> =0,000	PoF_3	2	0,650	0,124	0,074	-0,491	0,130	-0,840	0,223	-3,771	0,004
	GrF_1	3	0,846	0,196	0,005	0,602	0,169	0,880	0,247	3,566	0,005

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
	b_0	_	_	_	_	-	_	-0,693	0,110	-6,288	0,000
Индекс <i>M-AMBI</i> ANOVA: <i>F</i> =117 <i>p</i> =0,000	SD	1	0,857	0,857	0,000	1,065	0,070	1,518	0,100	15,24	0,000
711.0 V1. 1 = 117 p=0,000	TPF	2	0,955	0,098	0,000	0,342	0,070	0,149	0,031	4,896	0,000
	Прибреж	кье Влад	ивостока (2001	г.): IV. A. pacific	а (удвоен	ная выбор	ка)				
	b_0	_	_	_	_	_	_	-4,868	0,818	-5,953	0,001
Индекс Маргалефа, <i>R</i> ANOVA: <i>F</i> =176 <i>p</i> =0,000	GrF_1	1	0,638	0,638	0,006	1,160	0,062	8,073	0,431	18,71	0,000
1 = 170 p=0,000	MeF_2	2	0,981	0,342	0,000	-0,687	0,062	-9,047	0,816	-11,09	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	5777	70,46	82,00	0,000
Плотность поселения, A ANOVA: $F=5625 p=0,000$	$C_{ m opr.}$	1	0,867	0,867	0,000	-0,844	0,010	-213,7	2,453	-87,13	0,000
1 –5025 p=0,000	TPF	2	0,999	0,133	0,000	-0,375	0,010	-719,9	18,62	-38,67	0,000
	b_0	-	_	_	-	-	-	-12,05	1,719	-7,007	0,000
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =151 <i>p</i> =0,000	GrF_1	1	0,681	0,681	0,003	1,161	0,067	15,76	0,907	17,37	0,000
711.10 711.1 –131 p=0,000	MeF_2	2	0,977	0,296	0,000	-0,640	0,067	-16,42	1,715	-9,570	0,000
	b_0	_	_	_	-	_	-	-12,99	1,341	-9,690	0,000
Индекс Шеннона-Винера, H ANOVA: F =68,2 p =0,000	ENTR	1	0,804	0,804	0,000	0,958	0,085	19,87	1,755	11,326	0,000
711.10 V11.1 = 50,2 p=0,000	$C_{ m opr.}$	2	0,951	0,147	0,002	-0,389	0,085	-0,109	0,024	-4,597	0,002
	b_0	_	_	_	_	-	_	-1,148	0,062	-18,60	0,000
Индекс Пиелу, <i>e</i> ANOVA: <i>F</i> =537 <i>p</i> =0,000	Dpth	1	0,841	0,841	0,000	1,470	0,053	0,101	0,004	27,87	0,000
711.10 VII.1 –337 p=0,000	MeF_2	2	0,994	0,152	0,000	0,677	0,053	0,360	0,028	12,83	0,000
	b_0	_	_	_	-	_	-	0,495	0,022	22,63	0,000
Статистика Кларка, W ANOVA:	GrF_2	1	0,554	0,554	0,014	0,694	0,043	0,074	0,005	16,06	0,000
F=19,6 p=0,001	MEAN	2	0,826	0,272	0,013	-0,781	0,047	-0,437	0,026	-16,63	0,000
	MeF_2	3	0,991	0,165	0,000	0,503	0,049	0,111	0,011	10,37	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	3,367	0,000	8970	0,000
Индекс <i>AMBI</i> ANOVA: <i>F</i> =9.E+0.6 <i>p</i> =0,000	PoF_3	1	0,632	0,632	0,006	-1,469	0,000	-9,131	0,002	-5018	0,000
11. (3.11.1 = 3.12 ; 0.10 p = 0,000	MeF_2	2	1,000	0,368	0,000	0,833	0,000	1,858	0,001	2755	0,000

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
	b_0	_	_	_	_	_	_	0,238	0,023	10,22	0,000
Индекс <i>М-АМВІ</i>	GrF_3	1	0,609	0,609	0,008	1,418	0,077	0,165	0,009	18,34	0,000
ANOVA: <i>F</i> =117 <i>p</i> =0,000	GrF_1	2	0,918	0,309	0,001	-1,694	0,211	-0,203	0,025	-8,021	0,000
	MeF_1	3	0,983	0,065	0,003	0,903	0,187	0,123	0,025	4,831	0,003
	Прибр	ежье В.	ладивостока (2001 г.): IV. <i>А.</i> д	pacifica (1	то пробам	1)				
	b_0	_	_	_	_	_	_	0,082	0,722	0,113	0,915
Индекс Маргалефа, R ANOVA:	GrF_2	1	0,887	0,887	0,000	0,450	0,087	0,217	0,042	5,177	0,007
F=91.6 p=0,000	Dpth	2	0,958	0,071	0,033	0,703	0,080	1,140	0,130	8,767	0,001
	PoF_3	3	0,986	0,027	0,051	0,189	0,069	2,055	0,745	2,758	0,051
Плотность поселения, A	b_0	_	_	_	_	_	_	1265	152,0	8,317	0,000
ANOVA: <i>F</i> =84.5 <i>p</i> =0,000	MeF_2	1	0,934	0,934	0,000	-0,966	0,105	-2123	231,0	-9,191	0,000
Биомасса, В	b_0	_	_	_	_	_	_	212,2	22,81	9,301	0,000
ANOVA: <i>F</i> =65.4 <i>p</i> =0,000	TPF	1	0,916	0,916	0,000	-0,957	0,118	-48,98	6,055	-8,089	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	0,380	0,412	0,922	0,409
Индекс Шеннона-Винера, Н	GrF_2	1	0,763	0,763	0,005	0,765	0,165	0,344	0,074	4,626	0,010
ANOVA: <i>F</i> =20,5 <i>p</i> =0,007	PoF_3	2	0,869	0,106	0,100	0,461	0,141	1,387	0,426	3,259	0,031
	Dpth	3	0,939	0,070	0,099	0,384	0,179	0,051	0,024	2,141	0,099
	b_0	_	_	_	_	_	-	0,795	0,156	5,090	0,007
Индекс Пиелу, e	$C_{ m opr.}$	1	0,347	0,347	0,125	-0,818	0,116	-0,054	0,008	-7,082	0,002
ANOVA: <i>F</i> =28,7 <i>p</i> =0,004	GrF_3	2	0,893	0,546	0,004	0,748	0,115	0,185	0,028	6,532	0,003
	Dpth	3	0,956	0,063	0,076	0,257	0,108	0,016	0,007	2,378	0,076
Commence II and III A NOVA	b_0	_	_	_	_	_	-	0,459	0,154	2,975	0,031
Статистика Кларка, <i>W</i> ANOVA: <i>F</i> =43.3 <i>p</i> =0,001	PoF_3	1	0,879	0,879	0,001	1,247	0,164	0,792	0,104	7,628	0,001
1 – 15.5 p=0,001	TPF	2	0,945	0,066	0,057	-0,403	0,164	-0,089	0,036	-2,464	0,057
III	b_0	-	_	_	-	_	-	8,055	0,317	25,39	0,000
Индекс <i>AMBI</i> ANOVA: <i>F</i> =57.8 <i>p</i> =0,000	Dpth	1	0,398	0,398	0,094	-1,047	0,104	-0,186	0,019	-10,05	0,000
71.1 - 57.0 p = 0,000	PoF_3	2	0,959	0,561	0,000	-0,857	0,104	-3,439	0,418	-8,220	0,000

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
	b_0	_	_	_	_	_	_	-0,189	0,028	-6,762	0,002
Индекс <i>M-AMBI</i>	Dpth	1	0,605	0,605	0,023	1,033	0,044	0,032	0,001	23,68	0,000
ANOVA: <i>F</i> =240 <i>p</i> =0,000	PoF_3	2	0,934	0,329	0,004	0,465	0,051	0,321	0,036	9,034	0,001
	SD	3	0,994	0,061	0,003	-0,300	0,045	-0,234	0,035	-6,634	0,003
	C	Северна	я часть Амурс	кого залива: II.	"L. longi	folia"					
	b_0	_	_	_	_	_	_	390,7	106,3	3,68	0,008
	GrL_2	1	0,284	0,284	0,061	11,63	2,51	293,4	63,40	4,63	0,002
Индекс Маргалефа, R ANOVA:	GrL_3	2	0,570	0,287	0,027	11,19	4,49	230,4	92,33	2,50	0,041
F=12,7 p=0,002	GrF_3	3	0,668	0,097	0,139	-8,10	1,72	-65,72	14,00	-4,70	0,002
	AP	4	0,804	0,136	0,046	-18,87	4,89	-5,93	1,54	-3,86	0,006
	GrF_2	5	0,900	0,096	0,035	7,10	2,73	43,80	16,82	2,60	0,035
П.	b_0	_	_	_	_	_	_	20480	750,5	27,29	0,000
Плотность поселения, <i>A</i> ANOVA: <i>F</i> =380 <i>p</i> =0,000	GrL_1	1	0,940	0,940	0,000	-0,744	0,052	-14092	983,7	-14,33	0,000
71110 V11. 1 = 300 p=0,000	$C_{ m opr.}$	2	0,987	0,047	0,000	-0,313	0,052	-421,4	69,8	-6,04	0,000
	b_0	_	_	_	-	-	-	419,7	75,43	5,563	0,000
Биомасса, В	PoF_3	1	0,669	0,669	0,001	0,291	0,180	114,8	71,06	1,615	0,141
ANOVA: <i>F</i> =12,7 <i>p</i> =0,002	PoF_2	2	0,737	0,068	0,139	1,406	0,355	782,5	197,6	3,959	0,003
	PoF_4	3	0,885	0,147	0,008	-1,192	0,351	-546,6	161,1	-3,393	0,008
	b_0	-	_	_	_	_	-	-3,172	1,179	-2,690	0,025
Индекс Шеннона-Винера, Н	ENTR	1	0,499	0,499	0,007	1,103	0,259	13,03	3,057	4,263	0,002
ANOVA: <i>F</i> =10,2 <i>p</i> =0,003	WaF_1	2	0,647	0,148	0,068	-0,757	0,231	-0,577	0,176	-3,285	0,009
	$C_{ m opr.}$	3	0,772	0,126	0,053	-0,716	0,321	-0,159	0,071	-2,229	0,053
Индекс Пиелу, e	b_0	-	_	_	_	_	-	-0,800	0,278	-2,879	0,015
ANOVA: <i>F</i> =22,8 <i>p</i> =0,001	ENTR	1	0,675	0,675	0,001	0,821	0,172	2,225	0,466	4,778	0,001
C	b_0	-	_	_	-	_	_	-0,427	0,204	-2,087	0,063
Статистика Кларка, <i>W</i> ANOVA: <i>F</i> =5,09 <i>p</i> =0,030	ENTR	1	0,210	0,210	0,116	0,555	0,226	0,843	0,343	2,456	0,034
1 – 3,07 p – 0,030	PoF_1	2	0,505	0,295	0,035	0,552	0,226	0,058	0,024	2,440	0,035

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_i)$	t	p_i
	b_0	_	_	_	_	_	_	15,37	3,045	5,049	0,001
Индекс <i>АМВІ</i>	WaF_1	1	0,645	0,645	0,001	1,115	0,174	1,401	0,218	6,418	0,000
ANOVA: <i>F</i> =27,2 <i>p</i> =0,000	ENTR	2	0,820	0,175	0,011	-1,018	0,244	-19,84	4,759	-4,170	0,002
	SKEW	3	0,901	0,081	0,024	-0,798	0,295	-1,099	0,406	-2,706	0,024
	b_0	_	-	_	_	_	_	-0,542	0,190	-2,851	0,025
	WaF_1	1	0,460	0,460	0,011	-1,032	0,142	-0,182	0,025	-7,286	0,000
Индекс М-АМВ,	ENTR	2	0,660	0,200	0,036	1,291	0,183	3,530	0,501	7,046	0,000
ANOVA: <i>F</i> =20,5 <i>p</i> =0,000	$C_{ m opr.}$	3	0,805	0,145	0,030	-1,233	0,235	-0,063	0,012	-5,242	0,001
	Pse	4	0,877	0,072	0,062	-0,350	0,118	-0,256	0,086	-2,967	0,021
	PoF_2	5	0,936	0,059	0,038	-0,321	0,126	-0,063	0,025	-2,552	0,038
	Северная час	ть Аму	рского залива	: III. A. pacifica	+ P. harn	neri + D.	dawsoni				
	b_0	_	_	_	_	_	_	47,62	8,347	5,706	0,000
	TPF	1	0,493	0,493	0,002	-0,912	0,109	-30,88	3,699	-8,348	0,000
Индекс Маргалефа, <i>R</i> ANOVA:	WaF_1	2	0,643	0,149	0,036	-1,377	0,050	-37,74	1,362	-27,72	0,000
F=373 p=0,000	PoF_5	3	0,771	0,128	0,023	2,217	0,101	17,23	0,788	21,86	0,000
	PoF_2	4	0,902	0,131	0,003	0,909	0,067	7,353	0,540	13,62	0,000
	PoF_4	5	0,995	0,092	0,000	0,328	0,025	4,488	0,342	13,14	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	10216	509,5	20,05	0,000
Плотность поселения, A ANOVA: $F=114 p=0,000$	GrL_3	1	0,862	0,862	0,000	-1,098	0,074	-75083	5080	-14,78	0,000
ANOVA. $I = 114 p = 0,000$	PoF_2	2	0,946	0,085	0,001	0,337	0,074	466,2	102,7	4,539	0,001
T	b_0	_	_	_	_	_	_	-4082	1000	-4,080	0,001
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =28,4 <i>p</i> =0,000	Psa	1	0,607	0,607	0,000	1,026	0,136	1385	183,7	7,536	0,000
A10 v A. 1 – 20,4 p – 0,000	SD	2	0,814	0,207	0,002	0,518	0,136	18275	4802	3,806	0,002
	b_0	_	_	_	_	_	_	3,165	0,067	47,33	0,000
Индекс Шеннона-Винера, <i>H</i> ANOVA: <i>F</i> =7,6 <i>p</i> =0,000	PoF_2	1	0,806	0,806	0,000	0,688	0,095	0,621	0,086	7,212	0,000
A10 v A. T = 1,0 p=0,000	PoF_4	2	0,916	0,110	0,001	0,392	0,095	0,206	0,050	4,115	0,001

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
	b_0	_	_	_	-	-	_	-0,466	0,156	-2,984	0,011
Индекс Пиелу, <i>e</i> ANOVA: <i>F</i> =37,2 <i>p</i> =0,000	GrL	1	0,787	0,787	0,000	0,801	0,113	1,235	0,174	7,081	0,000
A10 VA. 1 – 31,2 p = 0,000	PoF_2	2	0,851	0,064	0,034	0,267	0,113	0,025	0,010	2,362	0,034
C K WANOVA	b_0	_	_	_	_	_	_	0,435	0,027	15,88	0,000
Статистика Кларка, <i>W</i> ANOVA: <i>F</i> =80,5 <i>p</i> =0,000	GrF_2	1	0,787	0,787	0,000	0,781	0,079	0,353	0,036	9,911	0,000
1 -00,5 p=0,000	PoF_3	2	0,925	0,139	0,000	0,387	0,079	0,073	0,015	4,913	0,000
II AMBI	b_0	_	_	_	-	-	_	-12,91	1,098	-11,76	0,000
Индекс <i>AMBI</i> ANOVA: <i>F</i> =147 <i>p</i> =0,000	TPF	1	0,810	0,810	0,000	1,469	0,102	6,634	0,461	14,38	0,000
ANOVA. 1 – 147 p=0,000	PoF_5	2	0,958	0,147	0,000	-0,687	0,102	-0,711	0,106	-6,722	0,000
Индекс <i>М-АМВІ</i>	b_0	_	_	_	-	-	_	0,708	0,028	25,57	0,000
ANOVA: <i>F</i> =12,5 <i>p</i> =0,003	PoF_2	1	0,471	0,471	0,003	0,686	0,194	0,106	0,030	3,528	0,003
	Пролив Босфор В	осточны	ый (бухта Пат	рокл и прибреж	кье о-ва Р	усский):	I. D. card	lalia			
Индекс Маргалефа, R ANOVA:	b_0	_	_	_	_	_	_	32,24	1,124	28,67	0,000
F=15,2 p=0,004	GrL_2	1	0,628	0,628	0,004	-0,793	0,203	-6,403	1,642	-3,899	0,004
П.	b_0	_	_	_	-	-	_	-2827	2559	-1,105	0,306
Плотность поселения, A ANOVA: $F=3.07 p=0.100$	PoF_1	1	0,216	0,216	0,150	0,729	0,307	262,4	110,4	2,377	0,049
71110 VII. I = 3,07 p=0,100	Dpth	2	0,480	0,264	0,079	0,729	0,279	1129	432,2	2,613	0,035
Г	b_0	_	_	_	-	_	_	-21,04	40,83	-0,515	0,620
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =2,74 <i>p</i> =0,124	Dpth	1	0,146	0,146	0,245	0,604	0,297	3,976	1,956	2,033	0,076
71110 VII. I =2,74 p=0,124	PoF_2	2	0,406	0,260	0,098	-0,556	0,297	-41,78	22,34	-1,870	0,098
	b_0	_	_	_	_	_	_	3,381	0,296	11,42	0,000
Индекс Шеннона-Винера, Н	GrF_3	1	0,239	0,239	0,127	-0,593	0,305	-0,435	0,223	-1,945	0,093
ANOVA: <i>F</i> =2,24 <i>p</i> =0,172	PoF_5	2	0,377	0,139	0,218	-0,429	0,277	-0,243	0,157	-1,548	0,166
	SKEW	3	0,489	0,112	0,256	0,381	0,308	0,382	0,308	1,238	0,256

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
	b_0	_	_	_	-	_	-	0,729	0,062	11,71	0,000
Индекс Пиелу, е	GrF_3	1	0,270	0,270	0,101	-0,323	0,318	-0,055	0,054	-1,014	0,344
ANOVA: <i>F</i> =2,19 <i>p</i> =0,177	PoF_5	2	0,437	0,167	0,163	-0,420	0,275	-0,055	0,036	-1,528	0,170
	GrF_1	3	0,528	0,091	0,283	0,254	0,315	0,064	0,080	0,807	0,446
	b_0	_	_	_	_	_	_	0,195	0,143	1,363	0,222
	TPF	1	0,512	0,512	0,013	-0,020	0,170	-0,005	0,044	-0,117	0,910
Статистика Кларка, <i>W</i> ANOVA: <i>F</i> =25,5 <i>p</i> =0,001	PoF_5	2	0,704	0,191	0,053	-0,507	0,105	-0,044	0,009	-4,843	0,003
r = 25,5 p=0,001	PoF_2	3	0,865	0,161	0,023	0,725	0,161	0,161	0,036	4,496	0,004
	SD*ENTR	4	0,944	0,079	0,026	-0,325	0,111	-0,471	0,161	-2,924	0,026
	b_0	_	_	_	_	_	_	0,418	0,555	0,754	0,480
Индекс <i>AMBI</i> ANOVA: <i>F</i> =2,89 <i>p</i> =0,119	SD*ENTR	1	0,160	0,160	0,223	4,413	1,666	2,703	1,020	2,649	0,038
ANOVA. 1 – 2,89 p=0,119	SD	2	0,509	0,349	0,044	-4,256	1,366	-5,451	1,750	-3,115	0,021
Индекс <i>М-АМВІ</i>	b_0	_	_	_	_	_	_	10,55	1,212	8,703	0,000
ANOVA: <i>F</i> =2,96 <i>p</i> =0,120	PoF_2	1	0,247	0,247	0,120	-0,497	0,289	-6,934	4,033	-1,720	0,120
Пролив Бо	сфор Восточный (б	бухта П	атрокл и приб	брежье о-ва Рус	ский): IV	. S. armig	er + O. se	arsii + E. te	enuis		
Индекс Маргалефа, R ANOVA:	b_0	_	_	_	_	_	_	10,55	1,212	8,703	0,000
F=3,00 p=0,120	PoF_2	1	0,247	0,247	0,120	-0,497	0,289	-6,934	4,033	-1,720	0,120
Плотность поселения, А	b_0	_	_	_	_	_	_	595,6	138,1	4,314	0,002
ANOVA: <i>F</i> =1,74 <i>p</i> =0,220	GrL_3	1	0,162	0,162	0,220	0,402	0,305	593,2	450,3	1,317	0,220
	b_0	_	_	_	_	_	_	285,2	68,55	4,160	0,004
Биомасса, В	Pl	1	0,474	0,474	0,019	0,383	0,188	2,083	1,023	2,038	0,081
ANOVA: F=9,98 p=0,006	Dpth	2	0,576	0,102	0,202	-0,686	0,207	-8,275	2,497	-3,314	0,013
	PoF_1	3	0,810	0,235	0,022	0,637	0,216	103,0	35,00	2,943	0,022
	b_0	_	_	_	_	_	_	2,597	0,233	11,15	0,000
Индекс Шеннона-Винера, <i>H</i> ANOVA: <i>F</i> =2,17 <i>p</i> =0,176	PoF_2	1	0,240	0,240	0,126	-0,467	0,285	-1,052	0,642	-1,638	0,140
ANOVA. 1'–2,11 p–0,170	KURT	2	0,352	0,112	0,273	-0,335	0,285	-0,054	0,046	-1,176	0,273

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
	b_0	_	_	_	_	_	_	0,575	0,050	11,52	0,000
Индекс Пиелу, е	PoF_5	1	0,289	0,289	0,088	-0,814	0,131	-0,188	0,030	-6,233	0,000
ANOVA: <i>F</i> =20,5 <i>p</i> =0,001	SD	2	0,599	0,310	0,038	-0,780	0,131	-0,344	0,058	-5,959	0,001
	GrL_1	3	0,898	0,299	0,003	0,620	0,137	0,271	0,060	4,528	0,003
	b_0	_	_	_	-	-	-	1,009	0,170	5,954	0,001
C IC WANONA	PoF_5	1	0,221	0,221	0,145	-0,493	0,148	-0,141	0,042	-3,341	0,016
Статистика Кларка, W ANOVA: F=10,9 p=0,006	SD-Hr	2	0,377	0,156	0,194	-1,390	0,254	-2,314	0,423	-5,476	0,002
1 -10,7 p-0,000	Dpth	3	0,681	0,304	0,036	-1,063	0,215	-0,028	0,006	-4,949	0,003
	GrF_2	4	0,879	0,198	0,020	0,632	0,201	0,137	0,044	3,137	0,020
	b_0	-	_	-	-	-	-	0,784	0,301	2,604	0,040
H AMDI	PoF_2	1	0,489	0,489	0,017	0,373	0,132	0,386	0,136	2,837	0,030
Индекс <i>AMBI</i> ANOVA: <i>F</i> =17,3 <i>p</i> =0,002	Pl	2	0,706	0,217	0,041	1,016	0,182	0,020	0,004	5,572	0,001
71110 VII. I =11,5 p=0,002	SD*ENTR	3	0,803	0,098	0,105	0,847	0,212	2,330	0,583	3,995	0,007
	Dpth	4	0,920	0,117	0,025	0,575	0,194	0,025	0,009	2,960	0,025
H M AMDI	b_0	-	_	-	-	-	-	0,656	0,021	31,63	0,000
Индекс <i>M-AMBI</i> ANOVA: <i>F</i> =9,86 <i>p</i> =0,007	PoF_1	1	0,594	0,594	0,005	1,356	0,376	0,297	0,082	3,604	0,007
71110 V11. 1 = 5,00 p=0,007	PoF_2	2	0,711	0,117	0,109	0,678	0,376	0,136	0,075	1,801	0,109
	Прибрежье Влад	ивосто	ка (2016 г.): І.	A. pacifica + C.	capitata ((удвоенна	ая выборі	ka)			
Индекс Маргалефа, <i>R</i> ANOVA:	b_0	_	_	_	_	_	_	5,577	0,105	53,08	0,000
F=431 p=0,000	PoF_2	1	0,982	0,982	0,000	-0,991	0,048	-2,900	0,140	-20,77	0,000
Плотность поселения, А	b_0	_	_	_	_	_	_	-646,1	163,5	-3,953	0,004
ANOVA: <i>F</i> =65,3 <i>p</i> =0,000	Dpth	1	0,891	0,891	0,000	0,944	0,117	72,46	8,968	8,080	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	-15,15	1,779	-8,513	0,000
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =878 <i>p</i> =0,000	$C_{ m opr.}$	1	0,932	0,932	0,000	0,525	0,048	4,328	0,395	10,96	0,000
2110 713. 1 – 070 p – 0,000	GrF_1	2	0,996	0,064	0,000	0,508	0,048	6,836	0,644	10,62	0,000

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i^*	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
	b_0	_	_	_	_	_	_	-0,102	0,010	-10,45	0,000
Индекс Шеннона-Винера, Н	MeF_2	1	0,616	0,616	0,007	-0,467	0,005	-0,390	0,005	-84,98	0,000
ANOVA: <i>F</i> =1.E+04 <i>p</i> =0,000	$C_{ m opr.}$	2	0,755	0,139	0,086	1,353	0,011	0,305	0,002	126,4	0,000
	MEAN	3	1,000	0,245	0,000	-1,028	0,010	-10,07	0,099	-101,8	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	1,666	0,001	1320	0,000
Индекс Пиелу, е	GrL_1	1	0,661	0,661	0,004	-1,396	0,001	-1,976	0,001	-1542	0,000
ANOVA: <i>F</i> =9.E+05 <i>p</i> =0,000	MeF_1	2	0,847	0,186	0,022	-1,857	0,002	-0,304	0,000	-906,6	0,000
	SKEW	3	1,000	0,153	0,000	-1,202	0,002	-0,318	0,000	-656,4	0,000
	b_0	_	_	_	1	1	-	0,010	0,010	1,088	0,313
Статистика Кларка, <i>W</i> ANOVA: <i>F</i> =96,0 <i>p</i> =0,000	GrF_3	1	0,815	0,815	0,000	-0,900	0,071	-0,178	0,014	-12,69	0,000
r = 50,0 p = 0,000	MeF_2	2	0,965	0,150	0,001	-0,387	0,071	-0,063	0,012	-5,463	0,001
	b_0	_	_	_	_	_	_	13,58	0,532	25,54	0,000
Индекс <i>АМВІ</i>	O_2	1	0,442	0,442	0,036	-2,145	0,130	-1,751	0,106	-16,45	0,000
ANOVA: <i>F</i> =138 <i>p</i> =0,000	MeF_1	2	0,667	0,226	0,066	-1,784	0,123	-0,936	0,064	-14,51	0,000
	MeF_2	3	0,986	0,319	0,000	-1,821	0,157	-1,903	0,165	-11,57	0,000
Индекс <i>М-АМВІ</i>	b_0	_	_	_	_	_	_	0,229	0,008	30,45	0,000
ANOVA: <i>F</i> =177 <i>p</i> =0,000	MeF_2	1	0,957	0,957	0,000	-0,978	0,074	-0,133	0,010	-13,29	0,000
	Прибрежье	Владив	остока (2016 г	c.): I. A. pacifica	+ C. capi	itata (по п	робам)				
H M I DANGYA	b_0	_	_	_	_	_	_	-9,349	2,907	-3,216	0,032
Индекс Маргалефа, <i>R</i> ANOVA: <i>F</i> =45.2 <i>p</i> =0,002	Dpth	1	0,889	0,889	0,001	1,004	0,106	0,433	0,046	9,498	0,001
r =43.2 p=0,002	ENTR	2	0,958	0,069	0,063	0,270	0,106	9,133	3,580	2,551	0,063
	b_0	-	_	_	_	_	_	6582	397,0	16,58	0,000
Плотность поселения, А	TPF	1	0,810	0,810	0,006	-1,038	0,066	-1403,2	88,93	-15,78	0,001
ANOVA: F=91.0 p=0,002	$C_{ m opr.}$	2	0,929	0,119	0,061	0,406	0,062	102,2	15,66	6,527	0,007
	GrF_2	3	0,989	0,060	0,027	-0,272	0,067	-323,9	79,35	-4,082	0,027

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
Г	b_0	_	_	_	-	1	-	-16,84	1,494	-11,27	0,000
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =771 <i>p</i> =0,000	$C_{ m opr.}$	1	0,912	0,912	0,001	0,610	0,039	4,869	0,314	15,49	0,000
ANOVA. 1 = 771 p=0,000	GrF_1	2	0,997	0,085	0,000	0,451	0,039	5,887	0,514	11,46	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	-0,094	0,221	-0,428	0,698
Индекс Шеннона-Винера, Н	MeF_2	1	0,569	0,569	0,050	-0,422	0,129	-0,370	0,113	-3,272	0,047
ANOVA: <i>F</i> =24,6 <i>p</i> =0,013	$C_{ m opr.}$	2	0,731	0,162	0,196	1,167	0,214	0,281	0,051	5,464	0,012
	MEAN	3	0,961	0,230	0,025	-0,851	0,202	-8,730	2,076	-4,206	0,025
	b_0	-	_		_	-	-	-0,019	0,040	-0,484	0,661
Индекс Пиелу, e	MeF_2	1	0,610	0,610	0,038	-0,453	0,057	-0,161	0,020	-7,896	0,004
ANOVA: <i>F</i> =129 <i>p</i> =0,001	$C_{ m opr.}$	2	0,790	0,180	0,138	1,144	0,095	0,112	0,009	12,04	0,001
	MEAN	3	0,992	0,203	0,003	-0,799	0,090	-3,318	0,374	-8,871	0,003
Commence I/ a mana II/ A NOVA	b_0	_	_	_	_	_	_	0,016	0,015	1,078	0,342
Статистика Кларка, <i>W</i> ANOVA: <i>F</i> =43.4 <i>p</i> =0,002	GrF_3	1	0,815	0,815	0,005	-0,389	0,109	-0,065	0,018	-3,574	0,023
1 – 43.4 <i>p</i> =0,002	PoF_2	2	0,956	0,141	0,023	-1,006	0,109	-0,192	0,021	-9,242	0,001
	b_0	_	_	_	_	_	_	1,507	0,321	4,700	0,018
Индекс <i>АМВІ</i>	PoF_2	1	0,267	0,267	0,236	-0,886	0,193	-0,921	0,201	-4,582	0,020
ANOVA: F=68.6 p=0,003	$C_{ m opr.}$	2	0,642	0,375	0,110	1,473	0,122	0,424	0,035	12,02	0,001
	GrL_1	3	0,986	0,344	0,003	1,974	0,233	9,326	1,101	8,472	0,003
H M AMDI	b_0	-	_		_	-	-	0,558	0,086	6,471	0,003
Индекс <i>M-AMBI</i> ANOVA: <i>F</i> =123 <i>p</i> =0,000	MeF_2	1	0,940	0,940	0,000	-0,798	0,082	-0,129	0,013	-9,775	0,001
711.10 VII. 1 = 123 p=0,000	TPF	2	0,984	0,044	0,029	-0,272	0,082	-0,065	0,020	-3,326	0,029
	Прибрежье Влад	цивосто	ка (2016 г.): II	. O. sarsii + M	scarlatoi ((удвоенна	ая выборь	ca)			
Индекс Маргалефа, R ANOVA:	b_0	_	_	_	_	_	_	83,19	1,077	77,21	0,000
F=3234 p=0,000	TPF	1	0,998	0,998	0,000	-0,999	0,018	-16,69	0,294	-56,87	0,000
Плотность поселения, А	b_0	_	_	_	_	_	_	950,0	12,75	74,52	0,000
ANOVA: F=5982 p=0,000	MeF_1	1	0,999	0,999	0,000	0,999	0,013	2428	31,39	77,34	0,000

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i^*	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
Г. В	b_0	_	_	_	_	-	_	-7888	269,9	-29,23	0,000
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =881 <i>p</i> =0,000	GrL_2	1	0,793	0,793	0,003	0,473	0,025	283,0	14,89	19,00	0,000
ANOVA. 1-881 p-0,000	MeF_1	2	0,997	0,204	0,000	0,752	0,025	8509	281,3	30,25	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	3,63	0,055	65,71	0,000
Индекс Шеннона-Винера, <i>H</i> ANOVA: <i>F</i> =2089 <i>p</i> =0,000	O_2	2	0,999	0,213	0,000	-0,564	0,019	-0,453	0,015	-29,86	0,000
A100 V A. 1 – 2007 p – 0,000	GrL_1	1	0,786	0,786	0,003	1,210	0,019	5,16	0,080	64,09	0,000
Индекс Пиелу, е	b_0	_	_	_	_	_	_	0,446	0,015	28,88	0,000
ANOVA: <i>F</i> =126 <i>p</i> =0,000	GrL_1	1	0,955	0,955	0,000	0,977	0,087	0,925	0,082	11,23	0,000
Статистика Кларка, W ANOVA:	b_0	_	_	_	_	_	_	-0,315	0,030	-10,58	0,000
F=222 p=0,000	TPF	1	0,974	0,974	0,000	0,987	0,066	0,121	0,008	14,91	0,000
Индекс <i>АМВІ</i>	b_0	_	_	_	_	_	_	2,230	0,031	71,30	0,000
ANOVA: <i>F</i> =487 <i>p</i> =0,000	MeF_2	1	0,988	0,988	0,000	0,994	0,045	2,101	0,095	22,06	0,000
Индекс <i>M-AMBI</i>	b_0	_	_	_	_	-	_	1,567	0,063	24,98	0,000
ANOVA: <i>F</i> =183 <i>p</i> =0,000	TPF	1	0,968	0,968	0,000	-0,984	0,073	-0,231	0,017	-13,52	0,000
	Прибрежье	Владив	остока (2016 г	r.): II. <i>O. sarsii</i> -	M. scarl	<i>atoi</i> (по п	робам)				
Индекс Маргалефа, <i>R</i> ANOVA:	b_0	_	_	_	_	_	_	56,051	3,185	17,60	0,000
F=165 p=0,000	TPF	1	0,965	0,965	0,000	-0,982	0,076	-11,144	0,868	-12,84	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	1386	153,2	9,047	0,000
Плотность поселения, A ANOVA: $F=102 p=0,000$	MeF_1	1	0,954	0,954	0,000	0,787	0,111	1784	251,8	7,086	0,001
ANOVA. 1-102 p-0,000	GrF_2	2	0,976	0,023	0,081	-0,242	0,111	-708,1	325,3	-2,176	0,081
E BANOVA E 100	b_0	_	_	_	_	_	_	-11172	920,9	-12,13	0,000
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =108 <i>p</i> =0,000	GrL_2	1	0,899	0,899	0,000	-0,287	0,069	-151,3	36,30	-4,168	0,009
<i>p</i> -0,000	OrgF	2	0,977	0,079	0,009	0,885	0,069	12166	948,6	12,83	0,000
Индекс Шеннона-Винера, Н	b_0	_	_		-	_	_	2,650	0,058	45,57	0,000
ANOVA: <i>F</i> =34,1 <i>p</i> =0,001	$OrgF_2$	1	0,850	0,850	0,001	-0,922	0,158	-0,198	0,034	-5,842	0,001
Индекс Пиелу, <i>e</i> ANOVA:	b_0	_	_	_	-	_	_	0,474	0,028	16,883	0,000
F=31,2 p=0,001	GrL_1	1	0,839	0,839	0,001	0,916	0,164	0,835	0,149	5,588	0,001

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
Статистика Кларка, W ANOVA:	b_0	_	_	_	_	_	_	1,148	0,206	5,580	0,003
F=221 p=0,000	TPF	1	0,974	0,974	0,000	0,987	0,066	0,128	0,009	14,89	0,000
Индекс <i>AMBI</i> , ANOVA: <i>F</i> =56.9	b_0	_	_	_	_	_	_	1,370	0,229	5,970	0,001
p=0,000	GrL_1	1	0,905	0,905	0,000	0,951	0,126	9,214	1,222	7,540	0,000
H MANAGANA	b_0	_	_	_	_	_	_	1,148	0,206	5,580	0,003
Индекс <i>M-AMBI</i> , ANOVA: F=61.2 p=0,000	TPF	1	0,903	0,903	0,000	-0,739	0,112	-0,209	0,032	-6,623	0,001
r-01.2 p-0,000	ENTR	2	0,964	0,061	0,033	0,325	0,112	0,430	0,148	2,911	0,033
	Прибре	жье Вл	адивостока (2	016 г.): III. <i>О. s</i>	arsii + "L	longifoli	a"				
Индекс Маргалефа, <i>R</i> ANOVA:	b_0	_	_	_	-	_	_	20,22	1,116	18,12	0,000
F=6,70 p=0,027	$OrgF_2$	1	0,401	0,401	0,027	-0,633	0,245	-7,730	2,987	-2,588	0,027
Плотность поселения, А	b_0	_	_	_	_	_	_	3380	798,4	4,234	0,002
ANOVA: <i>F</i> =5,31 <i>p</i> =0,044	GrF_2	1	0,347	0,347	0,044	0,589	0,256	1538	667,8	2,303	0,044
	b_0	_	_	_	_	_	_	-542,8	123,9	-4,381	0,002
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =21,5 <i>p</i> =0,000	GrF_1	1	0,480	0,480	0,013	-1,031	0,160	-1714	266,2	-6,439	0,000
ANOVA. $F=21,3 p=0,000$	GrF_2	2	0,827	0,347	0,002	-0,679	0,160	-201,8	47,56	-4,243	0,002
	b_0	_	_	_	_	_	_	2,419	0,157	15,36	0,000
Индекс Шеннона-Винера, <i>H</i> ANOVA: <i>F</i> =9,34 <i>p</i> =0,006	$OrgF_2$	1	0,424	0,424	0,022	-0,675	0,190	-1,342	0,378	-3,548	0,006
ANOVA. $F = 9,34 p = 0,000$	GrF_2	2	0,675	0,251	0,027	-0,501	0,190	-0,323	0,123	-2,633	0,027
	b_0	_	_	_	_	_	_	0,559	0,042	13,43	0,000
Индекс Пиелу, <i>e</i> ANOVA: <i>F</i> =5,58 <i>p</i> =0,027	$OrgF_2$	1	0,304	0,304	0,063	-0,575	0,223	-0,084	0,032	-2,580	0,030
ANOVA: $F=3,38 p=0,027$	GrF_2	2	0,554	0,250	0,052	-0,500	0,223	-0,224	0,100	-2,244	0,052
Статистика Кларка, W ANOVA:	b_0	_	_	_	_	_	_	0,521	0,239	2,179	0,054
F=3,61 p=0,087	TPF	1	0,265	0,265	0,087	-0,515	0,271	-0,172	0,091	-1,899	0,087
Индекс АМВІ	b_0	_	_	_	_	_	_	1,010	0,247	4,082	0,002
ANOVA: <i>F</i> =15,1 <i>p</i> =0,003	TPF	1	0,602	0,602	0,003	0,776	0,199	0,366	0,094	3,891	0,003
Индекс <i>М-АМВІ</i>	b_0	_	_	-	_	_	_	0,737	0,015	48,33	0,000
ANOVA: <i>F</i> =31,7 <i>p</i> =0,000	$OrgF_2$	1	0,760	0,760	0,000	-0,872	0,155	-0,230	0,041	-5,627	0,000

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_{i}^{*}	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
		Прибр	ежье Владиво	остока (2016 г.)	: V. M. sa	ersi					
1 5 1 20 1	b_0	_	_	_	_	_	_	-37,39	8,929	-4,188	0,002
Индекс Маргалефа, <i>R</i> ANOVA: <i>F</i> =68,4 <i>p</i> =0,000	Dpth	1	0,625	0,625	0,002	-0,715	0,084	-0,913	0,107	-8,554	0,000
r-08,4 p-0,000	GrF_1	2	0,938	0,314	0,000	-0,565	0,084	-122,7	18,14	-6,763	0,000
Плотность поселения, A	b_0	_	_	_	_	_	_	261,5	115,6	2,262	0,047
ANOVA: <i>F</i> =9,67 <i>p</i> =0,011	GrF_2	1	0,492	0,492	0,011	0,701	0,225	281,1	90,37	3,110	0,011
	b_0	-	_		_	_	_	-13006	1072	-12,14	0,000
Биомасса, В	PoF_2	1	0,660	0,660	0,001	-0,386	0,082	-841,1	178,0	-4,726	0,001
ANOVA: F=8,70 p=0,000	Dpth	2	0,858	0,198	0,006	-0,813	0,040	-177,3	8,757	-20,25	0,000
	GrF_1	3	0,994	0,136	0,000	-0,949	0,073	-35176	2719	-12,94	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	-51,42	4,993	-10,30	0,000
Индекс Шеннона-Винера, Н	GrF_1	1	0,420	0,420	0,023	-3,170	0,296	-120,2	11,23	-10,70	0,000
ANOVA: <i>F</i> =47,8 <i>p</i> =0,000	AP	2	0,664	0,244	0,031	-2,863	0,324	-0,140	0,016	-8,832	0,000
	TPF	3	0,947	0,283	0,000	0,950	0,145	2,080	0,317	6,553	0,000
	b_0	1	_	-	-	-	-	-0,791	0,123	-6,445	0,000
Индекс Пиелу, e	$OrgF_2$	1	0,405	0,405	0,026	1,108	0,086	2,152	0,167	12,91	0,000
ANOVA: <i>F</i> =100 <i>p</i> =0,000	O_2	2	0,909	0,504	0,000	1,112	0,084	0,411	0,031	13,20	0,000
	$OrgF_1$	3	0,974	0,065	0,002	0,392	0,087	0,490	0,109	4,486	0,002
	b_0	1	_	-	-	-	-	-0,880	0,080	-11,01	0,000
Статистика Кларка, W ANOVA:	$OrgF_1$	1	0,513	0,513	0,009	0,856	0,072	0,615	0,052	11,90	0,000
F=142 p=0,000	O_2	2	0,728	0,215	0,026	1,288	0,091	0,274	0,019	14,21	0,000
	GrF_3	3	0,982	0,254	0,000	1,016	0,097	0,232	0,022	10,48	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	1,212	0,047	26,00	0,000
Индекс <i>АМВІ</i>	$OrgF_1$	1	0,754	0,754	0,000	1,346	0,033	2,425	0,060	40,42	0,000
ANOVA: F=609 p=0,000	O_2	2	0,878	0,124	0,014	0,682	0,035	0,234	0,012	19,77	0,000
	$OrgF_2$	3	0,996	0,117	0,000	-0,375	0,026	-0,342	0,023	-14,66	0,000

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
	b_0	_	_	_	_	_	_	-2,468	0,332	-7,424	0,000
Индекс <i>M-AMBI</i>	GrF_1	1	0,483	0,483	0,012	-1,832	0,181	-9,050	0,894	-10,13	0,000
ANOVA: F=62,3 p=0,000	ENTR	2	0,801	0,318	0,004	-0,841	0,088	-1,746	0,182	-9,571	0,000
	MeF_2	3	0,959	0,158	0,001	-0,937	0,169	-0,263	0,047	-5,555	0,001
	Приб	брежье]	Владивостока	(2016 г.): V. <i>М</i> .	sarsi (по	пробам)					
	b_0	_	_	_	_	_	_	-36,01	6,153	-5,853	0,001
Индекс Маргалефа, R ANOVA:	PoF_2	1	0,515	0,515	0,013	-1,510	0,488	-11,94	3,862	-3,092	0,018
F=34.9 p=0,000	O_2	2	0,743	0,228	0,029	1,172	0,176	5,697	0,858	6,640	0,000
	AP	3	0,937	0,194	0,002	2,384	0,512	0,421	0,090	4,658	0,002
	b_0	_	_	_	_	_	_	1450	299,4	4,844	0,002
Плотность поселения, А	PoF_1	1	0,458	0,458	0,022	-1,576	0,231	-2343	342,8	-6,835	0,000
лотность поселения, <i>A</i> NOVA: <i>F</i> =17.4 <i>p</i> =0,001	$OrgF_2$	2	0,551	0,093	0,233	0,745	0,165	724,7	160,3	4,522	0,003
	O_2	3	0,882	0,331	0,003	-1,034	0,233	-391,2	88,27	-4,431	0,003
	b_0	_	_	_	_	-	_	-12790	2093	-6,110	0,000
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =103	PoF_2	1	0,638	0,638	0,003	-0,373	0,159	-812,4	346,8	-2,343	0,052
p=0,000	Dpth	2	0,842	0,204	0,012	-0,779	0,075	-180,5	17,49	-10,32	0,000
	GrF_1	3	0,978	0,136	0,000	-0,951	0,145	-34708	5300	-6,549	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	-55,45	5,106	-10,86	0,000
и и р и	GrF_1	1	0,436	0,436	0,027	-3,307	0,334	-0,148	0,015	-9,890	0,000
Индекс Шеннона-Винера, <i>H</i> ANOVA: <i>F</i> =47,9 <i>p</i> =0,000	AP	2	0,691	0,254	0,033	1,303	0,205	3,142	0,495	6,348	0,001
71110 VII. 1 = 47,5 p=0,000	TPF	3	0,910	0,219	0,004	-3,697	0,316	-123,8	10,58	-11,70	0,000
	GrL_3	4	0,970	0,060	0,014	0,512	0,149	4,249	1,238	3,433	0,014
	b_0	_	-	_	_	_	_	-0,565	0,190	-2,978	0,021
Индекс Пиелу, <i>е</i> ANOVA:	OrgF	1	0,505	0,505	0,014	1,445	0,134	2,605	0,242	10,77	0,000
F=39,2 p=0,000	O_2	2	0,888	0,383	0,001	1,022	0,138	0,363	0,049	7,382	0,000
	$OrgF_2$	3	0,944	0,056	0,034	-0,259	0,098	-0,237	0,090	-2,637	0,034

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i^*	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
	b_0	_	_	_	_	_	_	-0,759	0,078	-9,788	0,000
Статистика Кларка, W ANOVA:	$OrgF_1$	1	0,744	0,744	0,001	1,542	0,076	1,748	0,086	20,27	0,000
F=235 p=0,000	O_2	2	0,969	0,225	0,000	0,760	0,058	0,264	0,020	13,12	0,000
	$OrgF_2$	3	0,990	0,021	0,006	0,218	0,056	0,195	0,050	3,891	0,006
HAMBLANOVA, E 117	b_0	_	_	-	-	_	-	3,090	0,366	8,453	0,000
Индекс <i>AMBI</i> , ANOVA: <i>F</i> =11.7 <i>p</i> =0,004	$OrgF_1$	1	0,514	0,514	0,013	1,277	0,275	2,767	0,595	4,653	0,002
<i>p</i> =0,004	$C_{ m opr.}$	2	0,745	0,231	0,028	-0,738	0,275	-0,373	0,139	-2,689	0,028
	b_0	_	_	_	_	_	-	-1,397	0,249	-5,612	0,001
H MAMPIANOVA	GrF_1	1	0,509	0,509	0,014	1,193	0,163	0,222	0,030	7,319	0,000
Индекс <i>M-AMBI</i> , ANOVA: <i>F</i> =31.2 <i>p</i> =0,000	O_2	2	0,763	0,254	0,019	-0,235	0,100	-0,112	0,048	-2,356	0,057
1 –31.2 p–0,000	GrL_1	3	0,912	0,148	0,011	-0,546	0,101	-2,766	0,514	-5,383	0,002
	$OrgF_2$	4	0,954	0,042	0,057	-0,829	0,167	-0,489	0,099	-4,967	0,003
	Прибј	режье Е	Владивостока	(2018 г.): IV. <i>O</i> .	sarsii + A	A. insignis	5				
Индекс Маргалефа, R ANOVA:	b_0	_	_	_	_	_	_	54,69	6,537	8,367	0,000
F=11,1 p=0,005	TPF	1	0,441	0,441	0,005	-0,664	0,200	-8,982	2,700	-3,326	0,005
	b_0	_	_	_	_	_	_	6975	592,4	11,78	0,000
Плотность поселения, А	Al	1	0,314	0,314	0,024	2,308	0,196	199,7	16,97	11,77	0,000
ANOVA: F=49,4 p=0,000	ENTR	2	0,569	0,255	0,016	-1,513	0,155	-12522	1287	-9,732	0,000
	Dpth	3	0,925	0,356	0,000	-0,985	0,130	-166,1	21,99	-7,551	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	9285	1379	6,733	0,000
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =30,6	MEAN	1	0,314	0,314	0,024	-17,93	2,837	-109253	17284	-6,321	0,000
p=0,000	GrF_1	2	0,570	0,256	0,015	-20,88	3,431	-6153	1011	-6,085	0,000
	GrF_2	3	0,884	0,314	0,000	-7,682	1,345	-1654	289,6	-5,712	0,000
Индекс Шеннона-Винера, Н	b_0	_	_	_	_	_	_	4,062	0,254	15,96	0,000
ANOVA: F=28,3 p=0,000	$C_{ m opr,}$	1	0,669	0,669	0,000	-0,818	0,154	-0,850	0,160	-5,316	0,000

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_i)$	t	p_i
	b_0	_	_	_	-	-	-	0,728	0,021	34,22	0,000
Индекс Пиелу, <i>e</i> ANOVA:	Al	1	0,637	0,637	0,000	-3,904	0,283	-0,031	0,002	-13,77	0,000
F=121 p=0.000	GrL_1	2	0,761	0,124	0,022	2,716	0,245	1,110	0,100	11,08	0,000
	Dpth	3	0,968	0,208	0,000	0,835	0,095	0,013	0,001	8,828	0,000
	b_0	_	_	_	-	_	-	-1,265	0,111	-11,41	0,000
	GrL_2	1	0,236	0,236	0,057	8,322	0,740	1,214	0,108	11,25	0,000
Статистика Кларка, <i>W</i> ANOVA: <i>F</i> =47,9 <i>p</i> =0,000	GrL_1	2	0,619	0,384	0,003	6,479	0,553	1,166	0,100	11,71	0,000
Γ-47,9 ρ-0,000	PoF_1	3	0,802	0,183	0,006	0,511	0,089	0,050	0,009	5,756	0,000
	GrF_1	4	0,946	0,144	0,000	-2,573	0,477	-0,180	0,033	-5,391	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	0,298	0,166	1,801	0,097
Индекс <i>AMBI</i> , ANOVA: <i>F</i> =45,1	Dpth	1	0,411	0,411	0,007	0,568	0,088	0,032	0,005	6,435	0,000
p=0,000	KURT	2	0,564	0,154	0,052	1,012	0,120	0,089	0,011	8,458	0,000
	Pl	3	0,918	0,354	0,000	0,897	0,124	0,072	0,010	7,219	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	0,888	0,026	33,90	0,000
Индекс <i>M-AMBI</i> , ANOVA:	$C_{ m opr,}$	1	0,586	0,586	0,001	-0,971	0,110	-0,119	0,013	-8,795	0,000
F=33,9 p=0,000	KURT	2	0,675	0,089	0,082	-0,615	0,122	-0,009	0,002	-5,026	0,000
	PoF_1	3	0,894	0,220	0,000	-0,533	0,107	-0,089	0,018	-4,993	0,000
	Прибр	ежье В	ладивостока (2019 г.): I. " <i>L. le</i>	ongifolia"	+ M. sars	si				
	b_0	_	_	_	_	_	_	30,15	1,298	23,23	0,000
Индекс Маргалефа, <i>R</i> ANOVA:	GrF_4	1	0,456	0,456	0,006	0,694	0,143	5,159	1,061	4,863	0,000
F=18,6 p=0,000	GrF_2	2	0,756	0,300	0,002	-0,548	0,143	-6,745	1,758	-3,836	0,002
	b_0	_	_	_	_	_	_	14853	3651	4,068	0,002
Плотность поселения, А	Pse	1	0,596	0,596	0,001	0,604	0,135	512,0	114,0	4,490	0,001
ANOVA: <i>F</i> =25,3 <i>p</i> =0,000	O_2	2	0,808	0,212	0,003	-0,490	0,135	-2487	682,7	-3,642	0,003
	b_0	_	_	_	_	_	_	282,4	116,1	2,433	0,032
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =4,04	Pse	1	0,307	0,307	0,032	0,666	0,237	27,93	9,955	2,805	0,016
p=0,046	PoF_1	2	0,402	0,096	0,191	0,329	0,237	363,0	261,7	1,387	0,191

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
H III	b_0	1		_	-	_	-	1,404	1,338	1,049	0,315
Индекс Шеннона-Винера, Н ANOVA: F=9,34 p=0,009	O_2	1	0,438	0,438	0,007	0,479	0,204	0,475	0,203	2,343	0,037
ANOVA. 1 = 7,54 p=0,007	Pl	2	0,589	0,151	0,057	-0,430	0,204	-0,048	0,023	-2,101	0,057
н н мом	b_0	1	_	_	-	-	_	-0,070	0,171	-0,408	0,690
Индекс Пиелу, <i>e</i> ANOVA: <i>F</i> =13,2 <i>p</i> =0,001	O_2	1	0,535	0,535	0,002	0,615	0,168	0,123	0,034	3,655	0,003
r = 13,2 p = 0,001	GrL_3	2	0,688	0,153	0,032	0,408	0,168	0,340	0,140	2,425	0,032
	b_0	1	_	_	-	-	_	-0,684	0,172	-3,970	0,002
Статистика Кларка, <i>W</i> ANOVA: <i>F</i> =11,1 <i>p</i> =0,002	O_2	1	0,528	0,528	0,002	0,777	0,173	0,093	0,021	4,497	0,001
r-11,1 p-0,002	TPF	2	0,649	0,122	0,064	0,353	0,173	0,078	0,038	2,042	0,064
	b_0	_	_	_	_	_	_	0,567	0,523	1,085	0,301
Индекс <i>AMBI</i> , ANOVA: <i>F</i> =9,98	GrF_2	1	0,373	0,373	0,016	-2,132	0,438	-2,250	0,463	-4,863	0,001
p=0.002	SKEW	2	0,594	0,221	0,025	1,475	0,419	1,473	0,419	3,517	0,005
	PoF_2	3	0,731	0,137	0,037	-0,416	0,175	-0,346	0,146	-2,372	0,037
Индекс <i>M-AMBI</i> , ANOVA:	b_0	_	_	_	_	_	_	0,565	0,041	13,78	0,000
F=8,68 p=0,011	Psa	1	0,400	0,400	0,011	0,633	0,215	0,003	0,001	2,945	0,011
	Прибреж	кье Вла,	дивостока (20	19 г.): II. " <i>L. lon</i>	ngifolia" +	- M. scarl	atoi				
	b_0	_	_	_	_	_	_	-113,2	35,67	-3,175	0,006
H M 1 DANOVA	TPF	1	0,345	0,345	0,007	1,128	0,296	31,41	8,251	3,807	0,002
Индекс Маргалефа, <i>R</i> ANOVA: <i>F</i> =6,19 <i>p</i> =0,004	O_2	2	0,430	0,085	0,130	0,954	0,292	5,975	1,829	3,267	0,005
1 =0,17 p=0,004	SD	3	0,519	0,089	0,104	-0,779	0,283	-121,5	44,22	-2,748	0,015
	PoF_1	4	0,623	0,104	0,060	-0,636	0,313	-17,99	8,851	-2,032	0,060
	b_0	-	-	-	-	_	_	-7389	3417	-2,162	0,047
 	PoF_2	1	0,472	0,472	0,001	0,970	0,163	5113	857,2	5,964	0,000
Плотность поселения, A ANOVA: $F=24,6$ $p=0,000$	GrL_3	2	0,738	0,266	0,001	0,713	0,108	10996	1662	6,618	0,000
1110 111.1 –24,0 p=0,000	SD	3	0,796	0,057	0,050	-0,562	0,147	-51112	13354	-3,827	0,002
	O_2	4	0,868	0,072	0,012	0,603	0,211	2199	769,8	2,856	0,012

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
	b_0	_	_	_	_	_	_	3095	200,4	15,44	0,000
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =262	TPF	1	0,619	0,619	0,000	-0,469	0,040	-686,3	59,14	-11,60	0,000
p=0,000	GrF_4	2	0,822	0,203	0,000	0,472	0,037	207,3	16,18	12,81	0,000
	SD	3	0,980	0,158	0,000	-0,438	0,039	-3599	320,2	-11,24	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	-3,529	1,019	-3,461	0,003
H H D H	Dpth	1	0,317	0,317	0,010	0,920	0,079	0,171	0,015	11,60	0,000
Индекс Шеннона-Винера, <i>H</i> ANOVA: <i>F</i> =46,7 <i>p</i> =0,000	$C_{ m opr.}$	2	0,557	0,240	0,008	-0,665	0,075	-0,514	0,058	-8,898	0,000
ANOVA. 1 – 40,1 p=0,000	Psa	3	0,795	0,239	0,001	-0,587	0,078	-0,057	0,008	-7,477	0,000
	TPF	4	0,926	0,130	0,000	0,377	0,074	1,424	0,278	5,126	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	0,402	0,089	4,518	0,000
Индекс Пиелу, <i>e</i> ANOVA:	$C_{ m opr,}$	1	0,292	0,292	0,014	-0,696	0,074	-0,114	0,012	-9,403	0,000
F=58,9 p=0,000	Dpth	2	0,680	0,387	0,000	0,860	0,081	0,034	0,003	10,605	0,000
	Psa	3	0,916	0,236	0,000	-0,538	0,080	-0,011	0,002	-6,689	0,000
	b_0	_	_	_	-	_	-	-0,180	0,075	-2,417	0,028
Статистика Кларка, W ANOVA:	Dpth	1	0,337	0,337	0,007	0,944	0,071	0,036	0,003	13,36	0,000
F=78,0 p=0,000	Psa	2	0,649	0,312	0,001	-0,689	0,070	-0,014	0,001	-9,841	0,000
	$C_{ m opr,}$	3	0,936	0,287	0,000	-0,546	0,064	-0,086	0,010	-8,476	0,000
	b_0	_	_	_	-	-	1	3,715	0,505	7,362	0,000
H AMBU ANOVA E 22.0	PoF_1	1	0,421	0,421	0,002	1,101	0,126	3,487	0,399	8,740	0,000
Индекс <i>AMBI</i> , ANOVA: <i>F</i> =22,0 <i>p</i> =0,000	GrF_3	2	0,613	0,192	0,010	-1,617	0,255	-1,205	0,190	-6,343	0,000
<i>p</i> =0,000	Psa	3	0,734	0,121	0,016	-1,306	0,262	-0,105	0,021	-4,973	0,000
	Dpth	4	0,854	0,121	0,003	0,485	0,138	0,074	0,021	3,522	0,003
	b_0	_	_	_	_	_	_	0,551	0,112	4,904	0,000
Индекс <i>M-AMBI</i> , ANOVA:	GrF_3	1	0,169	0,169	0,072	0,491	0,181	0,048	0,018	2,714	0,015
F=5,19 p=0,011	$C_{ m opr.}$	2	0,309	0,140	0,081	-0,445	0,183	-0,037	0,015	-2,434	0,027
	Dpth	3	0,493	0,184	0,028	0,434	0,180	0,009	0,004	2,411	0,028

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
		Прибре	жье Владивос	тока (2019 г.): 1	III. A. pac	rifica					
	b_0	_	_	_	_	_	_	-4,834	1,137	-4,252	0,001
Индекс Маргалефа, R ANOVA: $F=188 p=0,000$	Dpth	1	0,910	0,910	0,000	1,009	0,052	1,235	0,064	19,37	0,000
r=188 p=0,000	Psa	2	0,967	0,057	0,000	-0,245	0,052	-0,116	0,025	-4,694	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	-	-19523	1028	-18,98	0,000
П	Gr	1	0,803	0,803	0,000	1,460	0,037	894,8	22,64	39,53	0,000
Плотность поселения, A ANOVA: F =540 p =0,000	SKEW	2	0,874	0,071	0,018	0,722	0,039	5753	307,1	18,73	0,000
ANOVA. 1 – 540 p – 0,000	Dpth	3	0,936	0,063	0,005	0,373	0,025	474,8	31,79	14,94	0,000
	GrL_1	4	0,995	0,059	0,000	0,267	0,024	6805	603,7	11,27	0,000
	b_0	_	_	_	-	-	-	-571,5	27,32	-20,92	0,000
	$C_{ m opr,}$	1	0,717	0,717	0,000	-1,890	0,036	-34,79	0,667	-52,18	0,000
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: <i>F</i> =1246	Pl	2	0,877	0,160	0,001	0,646	0,016	2,928	0,073	40,30	0,000
Биомасса, <i>B</i> ANOVA: $F=1246$ $p=0,000$	TPF	3	0,944	0,067	0,003	0,879	0,033	155,3	5,909	26,28	0,000
	KURT	4	0,983	0,039	0,000	0,318	0,022	5,635	0,382	14,76	0,000
	Al	5	0,998	0,015	0,000	0,210	0,022	0,791	0,081	9,73	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	15,14	1,713	8,842	0,000
Индекс Шеннона-Винера, Н	PoF_1	1	0,387	0,387	0,010	1,629	0,156	0,695	0,067	10,43	0,000
ANOVA: <i>F</i> =39,2 <i>p</i> =0,000	TPF	2	0,841	0,454	0,000	-1,161	0,141	-3,050	0,371	-8,212	0,000
	GrF_1	3	0,907	0,067	0,012	-0,306	0,104	-0,197	0,067	-2,940	0,012
	b_0	_	_	_	_	_	_	3,894	0,497	7,833	0,000
Индекс Пиелу, <i>e</i> ANOVA:	Dpth	1	0,560	0,560	0,001	-1,459	0,102	-0,078	0,005	-14,35	0,000
F=98,2 p=0,000	TPF	2	0,871	0,311	0,000	-0,442	0,074	-0,560	0,094	-5,942	0,000
	O_2	3	0,961	0,090	0,000	0,608	0,116	0,200	0,038	5,243	0,000
	b_0	_	_	_	_	_	_	-0,161	0,016	-9,886	0,000
Статистика Кларка, W ANOVA:	PoF_2	1	0,790	0,790	0,000	1,126	0,055	0,219	0,011	20,60	0,000
F=142 p=0,000	PoF_1	2	0,890	0,101	0,004	0,535	0,061	0,074	0,008	8,788	0,000
•	GrF_1	3	0,973	0,082	0,000	-0,335	0,056	-0,070	0,012	-6,010	0,000

Продолжение таблицы А.19

Зависимая переменная	Коэффициент, предиктор	Шаг	Суммарная дисперсия	Приращение дисперсии	$p_{ m in}$	b_i *	$SE(b_i^*)$	$b_{ m i}$	$SE(b_{\rm i})$	t	p_i
H AMPLANOVA E 100	b_0	_	_	_	_	_	_	5,493	0,351	15,67	0,000
Индекс <i>AMBI</i> , ANOVA: <i>F</i> =109 <i>p</i> =0,000	O_2	1	0,778	0,778	0,000	-0,704	0,072	-0,802	0,082	-9,837	0,000
<i>p</i> =0,000	GrL_1	2	0,944	0,166	0,000	0,445	0,072	1,642	0,264	6,211	0,000
	b_0	_	_	_	_	-	-	0,075	0,014	5,509	0,000
Индекс <i>M-AMBI</i> , ANOVA:	O_2	1	0,792	0,792	0,000	0,837	0,019	0,112	0,003	43,98	0,000
F=1954 p=0,000	PoF_1	2	0,947	0,155	0,000	0,571	0,016	0,048	0,001	34,79	0,000
	$C_{ m opr.}$	3	0,998	0,051	0,000	-0,379	0,022	-0,020	0,001	-17,27	0,000

Примечание — b_i *и b_i — стандартизированные и «сырые» коэффициенты регрессии; $SE(b_i)$ и $SE(b_i)$ —ошибки репрезентативности коэффициентов регрессии; p_{in} и p_i — вероятности справедливости нулевых гипотез о «не включении» переменной в уравнение регрессии и о равенстве частного коэффициента регрессии нулю; t — расчетная величина критерия Стьюдента.