

**Совет**

Distr.: General  
31 January 2022  
Russian  
Original: English

Двадцать седьмая сессия

Сессия Совета, часть I

Кингстон, 21 марта — 1 апреля 2022 года

Пункт 11 предварительной повестки дня\*

**Проект правил разработки минеральных  
ресурсов в Районе**

**Проект руководства по установлению фоновых  
экологических данных**

**Подготовлено Юридической и технической комиссией**

**Содержание**

|      |                                                         |    |
|------|---------------------------------------------------------|----|
| I.   | Введение .....                                          | 4  |
| II.  | Предназначение и сфера применения .....                 | 4  |
| III. | Отбор проб и получение данных .....                     | 5  |
|      | A. Пространственная и временная изменчивость .....      | 6  |
|      | B. Адаптируемость стратегий пробоотбора .....           | 10 |
|      | C. Координация и сотрудничество .....                   | 11 |
|      | D. Качество данных .....                                | 12 |
|      | E. Распоряжение данными и пробами .....                 | 13 |
| IV.  | Физическая океанография .....                           | 14 |
|      | A. Введение .....                                       | 14 |
|      | B. Разрешение выборки .....                             | 15 |
|      | C. Измеряемая переменная: температура и соленость ..... | 17 |
|      | D. Измеряемая переменная: течения .....                 | 17 |
|      | E. Измеряемая переменная: приливы, отливы и волны ..... | 18 |
|      | F. Измеряемая переменная: турбулентность .....          | 19 |

\* ISBA/27/C/L.1.



|      |                                                                                                   |    |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| G.   | Измеряемая переменная: оптические свойства . . . . .                                              | 20 |
| H.   | Измеряемая переменная: шум . . . . .                                                              | 22 |
| I.   | Качество данных . . . . .                                                                         | 22 |
| J.   | Управление данными . . . . .                                                                      | 24 |
| V.   | Химическая океанография и биогеохимия . . . . .                                                   | 24 |
| A.   | Введение . . . . .                                                                                | 24 |
| B.   | Общая методология . . . . .                                                                       | 26 |
| C.   | Разрешение выборки . . . . .                                                                      | 28 |
| D.   | Измеряемая переменная: питательные вещества . . . . .                                             | 29 |
| E.   | Измеряемая переменная: кислород . . . . .                                                         | 31 |
| F.   | Измеряемая переменная: карбонатная система . . . . .                                              | 33 |
| G.   | Измеряемая переменная: рассеянные металлы . . . . .                                               | 35 |
| H.   | Измеряемая переменная: органические и неорганические вещества . . . . .                           | 37 |
| I.   | Измеряемая переменная: радиоизотопные (радиоактивные) индикаторы . . . . .                        | 41 |
| J.   | Качество данных . . . . .                                                                         | 43 |
| K.   | Распоряжение данными . . . . .                                                                    | 44 |
| VI.  | Геологические свойства . . . . .                                                                  | 44 |
| A.   | Введение . . . . .                                                                                | 44 |
| B.   | Общая методология . . . . .                                                                       | 45 |
| C.   | Разрешение выборки . . . . .                                                                      | 46 |
| D.   | Измеряемая переменная: батиметрия . . . . .                                                       | 46 |
| E.   | Измеряемая переменная: свойства отложений . . . . .                                               | 46 |
| F.   | Классификация местообитаний . . . . .                                                             | 48 |
| G.   | Качество данных . . . . .                                                                         | 48 |
| H.   | Распоряжение данными . . . . .                                                                    | 49 |
| VII. | Биологические сообщества . . . . .                                                                | 49 |
| A.   | Введение . . . . .                                                                                | 49 |
| B.   | Общая методология . . . . .                                                                       | 50 |
| C.   | Разрешение выборки . . . . .                                                                      | 50 |
| D.   | Измеряемая переменная: пелагические сообщества . . . . .                                          | 52 |
| E.   | Измеряемая переменная: бентические сообщества . . . . .                                           | 54 |
| F.   | Измеряемая переменная: связность . . . . .                                                        | 64 |
| G.   | Измеряемая переменная: функционирование экосистемы . . . . .                                      | 66 |
| H.   | Измеряемая переменная: экотоксикология . . . . .                                                  | 69 |
| I.   | Измеряемая переменная: морские млекопитающие, акулы, черепахи<br>и поверхностный нектон . . . . . | 71 |

---

|       |                                            |    |
|-------|--------------------------------------------|----|
| J.    | Измеряемая переменная: морские птицы ..... | 72 |
| K.    | Качество данных .....                      | 73 |
| L.    | Распоряжение данными .....                 | 75 |
| VIII. | Библиография .....                         | 76 |
| IX.   | Сокращения .....                           | 90 |

## I. Введение

1. Заявление об экологическом воздействии, которое готовится и представляется заявителем, ходатайствующим об утверждении плана работы в соответствии с правилами разработки минеральных ресурсов в Районе (правила разработки), должно быть основано на исходных (фоновых) экологических данных, установленных в рамках разведочного контракта согласно соответствующим Правилам разведки и условиям разведочного контракта.
2. Настоящее руководство распространяется в первую очередь на глубоководные полиметаллические конкреции, обнаруженные в центральной и северо-западной частях Тихого океана и в Индийском океане. Некоторые его элементы применимы не ко всем типам минеральных ресурсов. Дополнительные версии этого документа, охватывающие массивные полиметаллические сульфиды морского дна и кобальтоносные железомарганцевые корки, будут опубликованы позднее.
3. Настоящее руководство содержит указания на предмет того, каким образом заявитель или контрактор может выполнить требования, касающиеся сбора океанографических и фоновых экологических данных. Оно основывается на Руководящих рекомендациях контракторам по оценке возможного экологического воздействия разведки морских полезных ископаемых в Районе ([ISBA/25/LTC/6/Rev.1](#) и [ISBA/25/LTC/6/Rev.1/Corr.1](#)) и должно рассматриваться в совокупности с ними.
4. Настоящее руководство следует рассматривать в совокупности с правилами разработки, соответствующими Правилами разведки, другими актуальными правилами, положениями и процедурами Международного органа по морскому дну, а также прочими соответствующими стандартами и руководствами, включая, в частности, те, которые касаются:
  - a) процесса проведения оценок экологического воздействия;
  - b) подготовки заключения об экологическом воздействии;
  - c) подготовки плана экологического обустройства и мониторинга;
  - d) разработки и применения систем экологического обустройства.
5. В случае какого-либо несоответствия между положениями настоящего руководства и правилами разработки, включая приложения к ним, или какими-либо стандартами преимущественную силу имеют правила, включая приложения к ним, и стандарты.

## II. Предназначение и сфера применения

6. Основная цель сбора фоновых данных заключается в том, чтобы установить текущие характеристики среды и тем самым создать условия для оценки потенциального воздействия разведочной и добычной деятельности на морскую среду до начала такой деятельности. Фоновые данные позволяют также сформулировать методологию и сформировать основу для долгосрочного мониторинга экологических последствий и могут эффективно содействовать проведению оценок экологического воздействия и выполнению планов экологического мониторинга и обустройства после начала добычных работ.

7. Представляя заявление об экологическом воздействии, заявитель, ходатайствующий об утверждении плана работы, обязан предоставить гарантии того, что такое воздействие не будет превышать установленные пороговые значения. Целью настоящего руководства не является установление этих пороговых значений или рассмотрение природоохранных вопросов, которые необходимо учесть на этом этапе. Заявитель обязан описать, каким образом фоновые данные использовались им для того, чтобы сделать выводы о каком-либо воздействии на указанный момент. Меры, касающиеся управления, определяются после представления плана работы, поскольку они зависят от полученных фоновых данных и сделанных заявителем выводов, которые оцениваются по действующим на соответствующий момент стандартам научного сообщества. В этой связи заявители несут ответственность за обеспечение соответствия данных поставленным целям. Кроме того, предоставленные фоновые данные используются при составлении региональных планов экологического обустройства.

8. Важнейшим элементом экологических исследований и мониторинга является правильно организованный отбор проб. Если пробы отбираются не в достаточном количестве, не на участке надлежащего размера и не с помощью подходящего оборудования в соответствии с наилучшими имеющимися методами и передовой отраслевой практикой, то все основанные на них данные и аналитические выводы будут неполноценны или недостоверны. Применение передовой практики обеспечивает также, чтобы деятельность по отбору проб не оказывала ненужного дополнительного воздействия на окружающую среду.

9. Настоящее руководство содержит рекомендации по следующим аспектам:

а) объем, охват и стандарт фоновых данных, необходимых для определения физических, химических и геологических свойств среды в Районе и водной толще и описания местных биологических сообществ, которые могут оказаться затронуты добычной деятельностью;

б) процедуры обзора и анализа для оценки качества фоновых экологических данных и уровня статистической точности, необходимых для того, чтобы обнаруживать и дифференцировать изменения относительно исходных/фоновых параметров;

с) управление данными, особенно в отношении метаданных, необходимых для содействия накоплению данных и представлению фоновых экологических показателей.

10. В настоящем руководстве фоновые данные, которые необходимо собирать, сгруппированы по следующим разделам:

- а) физическая океанография;
- б) химическая океанография и биогеохимия;
- с) геологические свойства;
- д) биологические сообщества.

### **III. Отбор проб и получение данных**

11. В интересах целостной оценки экологических условий и процессов фоновые данные должны иметь междисциплинарный характер. Первичный и повторный отбор проб необходимы для составления точного представления о среде в целях выявления изменений и установления того, являются ли эти изменения результатом добычных работ или же они связаны с естественной пространственной и временной изменчивостью и динамикой или с антропогенной

деятельностью, не имеющей отношения к добычным работам. Без этих знаний наблюдаемые во время добычных работ отклонения от условий, имевших место до начала добычи, могут быть объяснены только воздействием добычных работ. Таким образом, до начала этапа промышленной разработки должно быть обеспечено всестороннее понимание естественной изменчивости исходных параметров.

## **А. Пространственная и временная изменчивость**

12. Масштаб и пространственно-временная шкала изменений будут, по всей вероятности, варьироваться в зависимости от переменной и отличаться между компонентами экосистемы. Следовательно, повторность и частота исследований, необходимых для оценки изменчивости, также будут отличными для разных компонентов. Для обеспечения надежного учета временной и пространственной изменчивости и снижения неопределенности, связанной с данными, необходимо проводить повторные наблюдения для выявления изменений по прошествии времени (сезоны, межгодовые колебания) и изменений по пространственным категориям (по горизонтали и по вертикали), а также проведения различий между регионами.

13. Следует позаботиться о том, чтобы участки для отбора проб в целях установления фоновых показателей соответствовали требованиям мониторинга в ходе последующих добычных работ. Следовательно, они должны быть расположены таким образом, чтобы впоследствии служить рабочими эталонными полигонами (РЭП) и заповедными эталонными полигонами (ЗЭП). Они также должны отводиться в достаточном количестве, с тем чтобы последствия, связанные как с прямым, так и с косвенным воздействием, могли анализироваться с необходимой статистической точностью. При выборе методики необходимо учитывать такие параметры, как естественная изменчивость океанических условий, включая направления океанических течений, существенные топографические особенности и тип субстрата (например, мягкий и твердый субстрат), поскольку они будут влиять на направление и расстояние рассеивания и оседания седиментационных шлейфов, образующихся в результате работы добычного коллектора.

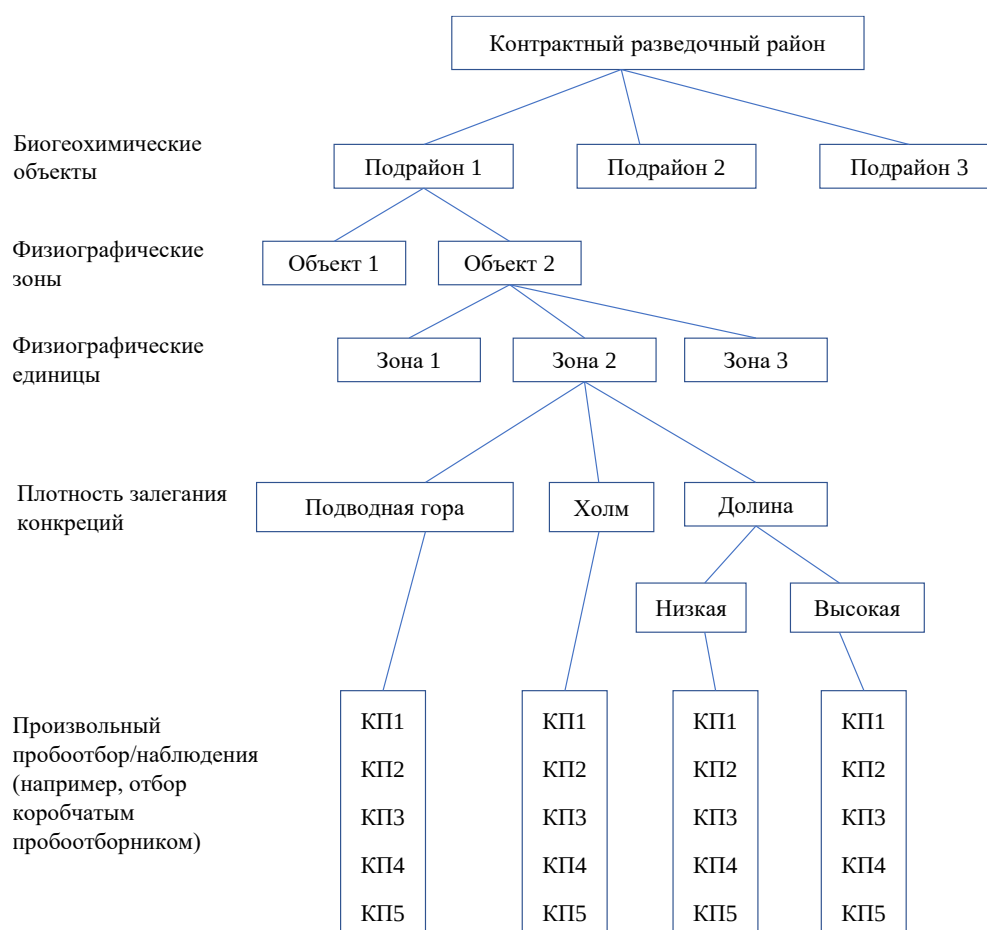
14. Для определения соответствующих крупных биомов следует использовать стандартные справочники по биогеографии Мирового океана, например Longhurst (1998) для эпипелагической среды, Sutton et al. (2017) для мезопелагической среды и Watling et al (2013) для бентической среды. Предметом исследований и деятельности по биорегионализации, то есть составлению широко-масштабных карт местообитаний, в настоящее время являются новые биогеографические районы, определение которых может стать более удобным инструментом в поддержку пространственного обустройства (McQuaid et al., 2020). Разработанные Институтом исследования экологических систем («Эсри») модели экологических морских единиц ([www.esri.com/en-us/about/science/ecological-marine-units/overview](http://www.esri.com/en-us/about/science/ecological-marine-units/overview)) могут послужить полезным справочным материалом, но работа с ними не заменяет дополнительного сбора и анализа данных по конкретным участкам. На картах следует отобразить основные течения во всей водной толще и идентифицировать в пределах пробоотборного участка соответствующие мезомасштабные и субмезомасштабные элементы (1–100 км), такие как меандры, вихри и фронты, а также элементы, на которые влияет топография морского дна, такие как возмущения у подводных гор и столбы Тейлора. Для выявления течений и поверхностных океанографических элементов необходимо получать и анализировать архивные данные дистанционного зондирования методом спутниковой альтиметрии и данные о температуре поверхности моря. При этом изучаемый участок должен выходить за пределы контрактного

района в целях охвата основных систем течений в регионе (и учета их изменчивости), в том числе районов возникновения крупных мезомасштабных элементов, таких как вихри. Это необходимо для принятия решения о том, в отношении какого участка будет проводиться океанографическое моделирование, а также для понимания возможного происхождения океанографических и биологических явлений в пределах контрактного района. Для выявления сезонных и межгодовых изменений и учета возникновения нечастых океанографических явлений, таких как Эль-Ниньо, а также тенденций за десятилетний период необходимо получить данные временного ряда за по крайней мере последние 20 лет, включая данные о температуре, измеренной микроволновыми и инфракрасными датчиками. Данные временного ряда должны дополняться данными о цвете океана, а информация об изучаемых участках должна подвергаться повторному обзору в целях подтверждения биомов и определения межгодовой изменчивости (Henson et al. 2010). Кроме того, следует определить основные сезоны.

15. В квазиоднородных областях, например в районах водоворотов над абиссальными равнинами, может наличествовать всего одна идентифицируемая вертикальная зона. Широтные или долготные градиенты могут указывать более чем на один слой. Вблизи фронтов и срединно-океанических хребтов может наблюдаться значительная пространственная неоднородность, свидетельствующая о наличии нескольких зон. Отбор проб в вихревых полях должен вестись гибкими методами с учетом антициклонических и циклонических вихрей.

16. При отборе проб отложений и поровой воды и биологических проб (включая средовую ДНК и образцы, предназначенные для молекулярного анализа) следует использовать стратифицированную «гнездовую» выборку для обеспечения того, чтобы при сборе проб и данных охватывался весь диапазон экологических условий в масштабе контрактного разведочного района, как показано на рисунке ниже. На основании собранных данных по другим переменным — в основном тем, которые относятся к физической океанографии (см. разд. IV); химической океанографии (см. разд. V); и геологическим свойствам (см. разд. VI), — регионы следует поделить на отдельные биогеохимические и батиметрические объекты. Внутри каждого из этих объектов должен быть установлен вложенный («гнездовой») набор физиографических зон, геоморфологических элементов или особенностей и единиц с разными топографическими свойствами и количеством конкреций (плотность залегания и размер), чтобы в полной мере учесть условия, которые, как ожидается, станут важными факторами изменений в функциях сообществ и биогеохимических функциях. Каждая физиографическая зона представляет собой комплекс физиографических единиц в пределах определенного участка. Такие физиографические единицы обычно включают в себя подводные горы, абиссальные равнины, холмы, склоны, гребни и долины с низкой или высокой плотностью залегания конкреций различных размеров. По мере необходимости для учета конкретных условий и их изменчивости в соответствующих контрактных районах следует определять дополнительные единицы. Это наглядно показано на рисунке ниже. Расположение и размер этих единиц определяются на основании батиметрической съемки с судов и высокоточной акустической и оптической визуализации морского дна, получаемой, например, с помощью телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА), автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) или привязных подводных аппаратов.

### Концептуальная схема программы отбора проб



Аббревиатура: КП — коробчатый пробоотборник.

17. Наблюдения должны проводиться в разное и заранее определенное время в течение года, чтобы охватить сезонные изменения в продуктивности и гидродинамических условиях. В частности, следует учитывать периоды разных режимов течений придонных вод и сезоны, отличающиеся разным количеством присутствующих органических веществ. Кроме того, необходимо подвергать количественной оценке суточные изменения (например, в пелагических системах) в течение 24-часового цикла, если такие изменения имеют значение.

18. Там, где переменные демонстрируют значительную временную изменчивость, которая не может быть установлена дискретными наблюдениями, и где имеются надлежащие технологии наблюдения, такие как автономные платформы, датчики и пробоотборники, наблюдения следует проводить непрерывно и с высокой частотой. Периоды непрерывного наблюдения должны охватывать временную шкалу по данной переменной в указанной точке (например, циклы приливов и отливов или сезонные циклы продуктивности). Наблюдения должны вестись также в бентических системах, которые демонстрируют значительную временную динамику в глубоководных условиях (Davies et al., 2009).

19. В отношении переменных, которые, как ожидается, не будут демонстрировать значительную сезонную изменчивость, данные должны быть подтверждены по крайней мере один раз путем сопоставления результатов наблюдений в разные сезоны (весна/лето и зима).



20. Для оценки межгодовых изменений следует проводить наблюдения в аналогичные сезоны или при схожих условиях среды. Поскольку межгодовые изменения могут происходить в течение нескольких лет, ведение многолетних наблюдений повышает вероятность обнаружения периодических явлений. Кроме того, временная стратегия отбора проб должна охватывать межгодовые изменения, включая возможные периодические колебания, например связанные с явлением Эль-Ниньо — южным ответвлением экваториального течения. При установлении экологического фона необходимо учитывать также другие природные стрессогенные факторы, такие как глобальное потепление и повышение уровня CO<sub>2</sub> в атмосфере, их воздействие на состояние окружающей среды в районе, в отношении которого ведется сбор фоновых данных, и их временную изменчивость. Необходимо также убедиться, что наблюдаемая изменчивость не является результатом возмущения, вызванного предыдущим раундом отбора проб.

21. При проведении временных или пространственных сопоставлений другой компонент должен оставаться неизменным. Например, для выявления сезонных различий следует сравнивать образцы, относящиеся к одной и той же физиографической единице и полученные на той же глубине.

22. Если в разделах, посвященных конкретным переменным, не указано иное, разрешение при вертикальном пробоотборе должно быть следующим:

а) для отбора проб в водной толще (включая физические измерения, если иное не указано в разделе IV.B) следует обеспечивать более высокое разрешение при отборе проб в поверхностном слое толщиной 200 м (3–4 пробы на глубине, определяемой на основании изменчивости местных условий) и в придонном слое толщиной 500 м (например, на расстоянии 5 м, 10 м, 25 м, 50 м, 75 м, 100 м, 150 м, 200 м и 500 м от морского дна) с учетом того, что погодные условия на поверхности и местные топографические особенности могут повлиять на то, с каким разрешением можно проводить пробоотбор в непосредственной близости морского дна;

б) для отбора проб на морском дне (если в разделах, касающихся конкретных переменных, не указано более высокое разрешение) вертикальное разрешение должно составлять 0–0,5 см, 0,5–1 см, каждый сантиметр до глубины 10 см, каждые 2 см от глубины 10 см до 20 см или до глубины, на которой отложения, как ожидается, будут затронуты добычным оборудованием (в зависимости от того, что глубже). Если требуются измерения на еще большей глубине, отбор проб следует производить через каждые 5 см на глубине от 20 см до 50 см и через каждые 20 см в более глубоком седиментационном слое толщиной до 5 м. Это разрешение следует рассматривать как ориентир и увеличивать его в тех случаях, когда первоначальные исследования, проведенные с высоким разрешением (например, для определения окислительно-восстановительной зональности), показывают, что для надлежащего определения характеристик вертикальных профилей необходимы наблюдения в большем количестве слоев. Там, где поверхностные отложения более изменчивы и невозможно получить срезы с точным разрешением, необходимо применять более прагматичный подход и вести пробоотбор с разрешением 0–1 см.

23. С каждого пробоотборного участка следует получать произвольные повторные пробы, причем таких повторных проб должно быть достаточно для учета изменчивости и проведения различия между физиографическими единицами. Количество повторных проб, необходимых для установления исходных условий в конкретной зоне, зависит от ряда факторов, включая рассматриваемую переменную, и, вероятно, будет варьироваться в зависимости от контрактного района. Поэтому количество отбираемых повторных проб должно быть

обосновано соответствующими статистическими данными. В более глубоких слоях отложений ожидается более низкая временная и пространственная изменчивость. Следовательно, для оценки условий в более глубоких осадочных слоях может быть достаточно проведения измерений в одном длинном керне с каждого участка, которые будут повторяться в течение нескольких экспедиций, если не будут обнаружены значительные временные или мелкомасштабные пространственные изменения.

24. Образцы или данные, собранные во время единого развертывания одной и той же платформы (например, керны, собранные одним многокамерным пробоотборником, или данные, запечатленные несколькими датчиками, установленными на одном донном модуле), следует считать пробами, собранными в одной пробоотборной точке (т. е. одним биологическим репликатом). Если образцы делятся на части, это делается для получения информации по различным переменным из одного образца, а не для создания псевдообразцов. Псевдообразцы образуются тогда, когда из одной и той же основной выборки берутся субпробы (например, один керн из коробчатого пробоотборника или несколько кернов из одного многокамерного пробоотборника), которые затем рассматриваются как репликаты. Такие образцы не являются статистически независимыми.

25. Если конкретная информация об отборе проб, необходимых для определения пространственной и временной изменчивости, не представлена в соответствующих разделах ниже, то следует опираться на регламент, изложенный в документах [ISBA/25/LTC/6/Rev.1](#) и [ISBA/25/LTC/6/Rev.1/Corr.1](#).

## **В. Адаптируемость стратегий пробоотбора**

26. Первоначальные стратегии отбора проб и проведения наблюдений должны основываться на наилучших имеющихся результатах исследований и данных. Стратегии должны регулярно пересматриваться по мере поступления дополнительной информации для обеспечения того, чтобы они отвечали поставленной цели и надлежащим образом отражали пространственную и временную изменчивость. Необходимо показать, что данные по итогам наблюдений в районах или в пространственных масштабах, которые считались однородными, на самом деле демонстрируют меньшую изменчивость по сравнению с данными из районов, в отношении которых ожидалась большая изменчивость. Также необходимо установить, действительно ли наблюдения, проведенные в похожие сезоны, характеризуются меньшей изменчивостью, чем наблюдения, проведенные в разное время года. Однако изменения в стратегии отбора проб следует вносить с осторожностью, с тем чтобы не упустить из виду эпизодические события, учесть факторы межгодовой изменчивости и не обусловить несоответствия, препятствующие временному анализу, особенно в случае прекращения наблюдений на определенных участках или в определенные сезоны.

27. Для обеспечения того, чтобы методология, изложенная в настоящем руководстве, соответствовала передовой практике, к работе над ним были привлечены эксперты. Тем не менее методы и процессы могут со временем меняться. Поэтому для надлежащего определения характеристик среды следует использовать наилучшие имеющиеся методы и предоставлять обоснование, если такие методы не используются. От организаций или лиц, обладающих соответствующими экспертными знаниями в данной области, необходимо получать независимые комментарии, чтобы при необходимости вносить соответствующие изменения. Там, где сбор данных уже начался, следует позаботиться о согласованности данных, получаемых разными методами, с тем чтобы можно было проводить комплексную оценку всех полученных данных.

28. По мере поступления сведений о технологии, которая будет применяться для добычи ресурсов, и по мере проведения разведочных работ программа отбора проб должна соответствующим образом корректироваться для обеспечения того, чтобы фоновые данные относились к участкам, где, как ожидается, будет вестись добыча и где, вероятно, будет наблюдаться какое-либо воздействие. Это особенно актуально в ситуациях, когда глубина, на которой будет потенциально вестись добыча, превышает рекомендуемую глубину отбора проб по отдельным переменным или когда выявлена значительная изменчивость параметров.

## **С. Координация и сотрудничество**

29. Там, где это возможно, измерения по различным переменным должны быть согласованы друг с другом как во временном, так и в пространственном отношении, чтобы облегчить комплексный анализ данных и усилить их объяснительный потенциал. Это особенно важно для переменных, которые касаются взаимосвязанных или аналогичных процессов, которые относятся к одной и той же дисциплине или дисциплинам, тесно связанным друг с другом (например, геология — биогеохимия отложений и т. д.; океанография — химия океана, пелагическая биология и т. д.), или должны быть объединены для создания производных продуктов. Если применяемые методы совместимы, то образцы из одного и того же седиментационного керна должны использоваться для анализа нескольких параметров (например, анализ характеристик поровой воды и отложений на основании одного и того же керна). Пробы макрофауны, полученные с помощью коробчатого пробоотборника, не должны делиться на субпробы (см. разд. VII, пп. 234–237).

30. Контракторам следует по возможности сотрудничать и обмениваться данными и информацией друг с другом и с научным сообществом, с тем чтобы можно было проводить аналитическую работу не только в отношении контрактных районов отдельных контракторов. Эта работа позволит увидеть более крупные тенденции, формирующие общий контекст. Этот контекст может облегчить интерпретацию и использование фоновых наблюдений и обеспечить основу для проведения более масштабного анализа для содействия разработке региональных планов экологического обустройства. Еще одно преимущество такого подхода заключается в том, что он способствует снижению нагрузки на отдельных контракторов.

31. Обмен данными между контракторами и научным сообществом настоятельно рекомендуется как гарантия того, что высококачественные данные были получены в соответствии с самой современной методологией.

32. Многие из переменных, упоминаемых в настоящем руководстве, также рассматриваются в контексте Глобальной системы наблюдений за океаном (ГСНО) ([www.goosocean.org](http://www.goosocean.org)). В рамках ГСНО была создана структура для работы с основными океаническими переменными, которая может использоваться для составления экономически эффективного плана для проведения оптимального обзора по каждой основной океанической переменной в мировом масштабе. По многим переменным в настоящем руководстве имеется справочная публикация по соответствующей основной океанической переменной, которая была создана и распространена группами экспертов. В справочных публикациях указаны необходимые измерения, различные варианты для проведения наблюдений и практические методы управления данными. Они отсылают читателя к примерам передовой практики и содержат вспомогательную информацию. Информация, содержащаяся в них, дополняет настоящее руководство. Текущий набор данных об основных океанических переменных отражает физические и

биогеохимические океанографические наблюдения, но в нем отсутствует важная информация по биологии и бентической биогеохимии.

## **D. Качество данных**

33. Все данные по итогам измерений следует сравнивать с приведенными в научной литературе и других источниках результатами наблюдений, проведенных на одном и том же участке, на аналогичной глубине и в аналогичном биогеографическом районе. Высокая степень согласованности между данными, полученными посредством современного моделирования, и наблюдениями переменных считается хорошим признаком того, что набор фоновых данных отвечает высоким требованиям качества, систематичности и полноты. Поэтому сопоставление результатов наблюдений с результатами моделирования должно быть основным компонентом отчетности, включая указание ссылки на всю информацию, необходимую для запуска модели и воспроизведения результатов. В случае возникновения расхождений между результатами измерений и результатами моделирования эти расхождения должны быть исследованы в целях устранения ошибки. Для этого может потребоваться адаптировать модель или собрать большее количество образцов.

34. Если наблюдаются большие отклонения, которые нельзя объяснить различиями в параметрах окружающей среды, применяемые методы должны быть проверены или подтверждены другими лабораториями.

35. Весь рабочий процесс, включая подробную информацию о методологии проведения измерений и контроле качества (например, о применимых стандартах и порядке взятия проб), должен быть полностью задокументирован, особенно в случаях, когда соответствующие стандарты отсутствуют или когда применяемые методы отклоняются от утвержденных стандартов. В случае применения нестандартных методов информация о них должна открыто опубликовываться в соответствующих журналах или методологических базах данных (например, в Системе передовой практики по вопросам океана Межправительственной океанографической комиссии (МОК) или на сайте [protocols.io](http://protocols.io)).

36. Количество необходимых повторных проб в рамках каждой физиографической единицы зависит от присутствующей естественной изменчивости (см. выше). Для принятия решения о количестве образцов, необходимом для выявления относительных изменений при надлежащем разрешении, следует применять статистические методы, включая анализ мощности (Jumars, 1981).

37. Наряду со всеми измерениями необходимо представлять информацию об уровне неопределенности и пороге чувствительности методологии.

38. Если данные корректируются с учетом глубины, температуры, размера образца или любой другой переменной, необходимо предоставить подробную информацию о корректировке и подробное объяснение процедуры. Эта информация также должна сопровождаться первичными данными.

39. В случае применения различных методологий в результате адаптации стратегий отбора проб или в ходе сотрудничества при проведении различных исследований необходимо представлять подробную информацию о методах стандартизации для обеспечения сопоставимости результатов.

40. Если устройства для отбора проб требуют калибровки, она должна производиться как можно ближе к моменту их использования (например, для микропрофилирования pH на месте электроды должны калиброваться на борту экспедиционного судна до их задействования).

41. Информация, содержащаяся в настоящем руководстве, отражает минимальные ожидания. Любой дополнительный отбор проб или анализ сверх того, что описано в данном документе и дополнительных документах, упоминаемых в нем, будет способствовать повышению качества данных и поэтому приветствуется.

## **Е. Распоряжение данными и пробами**

42. Данные (включая метаданные), пробы и образцы должны архивироваться в соответствии с надлежащими стандартами долгосрочного хранения, чтобы в случае потребности в дополнительном анализе или контроле качества можно было вновь обратиться к первичной информации.

43. Первичные данные должны архивироваться подрядчиком таким образом, чтобы можно было проследить их происхождение. Следует указывать также место и время получения образца и применявшуюся методологию.

44. Первичные и производные данные следует представлять в согласованном формате в действующие и обслуживаемые в течение долгого времени глобальные центры сбора данных, которые обеспечивают открытый доступ.

45. Цифровые данные, включая соответствующие метаданные, должны надежно храниться в локальных и облачных хранилищах, призванных гарантировать их долгосрочную доступность. Они также должны предоставляться секретариату Органа в соответствии с Руководящими рекомендациями подрядчикам относительно содержания, формата и структуры годовых отчетов (ISBA/21/LTC/15).

46. Данные и результаты исследований должны публиковаться в международных, рецензируемых и имеющихся в открытом доступе научных журналах и представляться на международных научных конференциях в целях содействия распространению новой информации. Кроме того, их публикация позволяет получать отзывы и одобрение от многочисленных независимых экспертов.

47. Широта и долгота должны фиксироваться в десятичных градусах в соответствии со Всемирной геодезической системой 1984 года, время и дата должны записываться по всемирному координированному времени. Формат отчетности должен соответствовать принятым международным стандартам.

48. Стандартные метаданные (в том числе местоположение, глубина воды, наименование экспедиции, идентификатор станции и имя главного исследователя) должны записываться в соответствии с действующими в отношении метаданных стандартами.

49. В рамках представления данных Органу подрядчикам следует передавать подробную информацию об используемых датчиках и пробоотборниках (тип, производитель, идентификатор, дата и метод последней калибровки) и детальное описание методов измерения и анализа проб, включая сведения об эксплуатации пробоотборного оборудования, справочную информацию о принятых стандартах, примеры передовой практики или описание применявшихся методов в научных публикациях, согласно соответствующему руководству.

50. Если метаинформация содержит ссылки на публикации (например, отчеты об экспедициях или описания методов), то для обеспечения долгосрочной доступности данных должны указываться постоянные идентификаторы или предоставляться копии.

51. В отношении производных данных нужно предоставлять соответствующие метаданные, включая всю информацию, необходимую для воспроизведения анализов по мере необходимости, а также сведения о преобразовании данных. Также необходимо предоставлять ссылку на первичные данные, включая основные измерения и все вспомогательные переменные, которые использовались для расчетов. Через онлайн-ресурсы с открытым доступом, которые позволяют отслеживать версии и обеспечивают постоянные идентификаторы (например, GitHub или платформа Protocols.io), необходимо предоставлять информацию об использовавшихся протоколах, программном обеспечении и кодах.

52. Эти принципы применимы ко всем переменным. Дополнительная информация представлена в нижеследующих разделах.

## IV. Физическая океанография

### A. Введение

53. Основными целями установления фоновых параметров физической океанографии контрактного района являются:

- a) определение гидрофизических и гидродинамических условий и структуры водной толщи и ее изменчивости с целью:
  - i) понять особенности местообитаний морских организмов;
  - ii) разработать детальную стратегию отбора проб в отношении других средств пробоотбора;
- b) оценка параметров потенциального рассеивания, а также размера и характеристик эксплуатационных и сбросных шлейфов.

54. Для установления фоновых параметров физической океанографии необходимо определить следующие переменные:

- a) Температура, давление и соленость — параметры морской воды, определяющие слои водной толщи и отдельные водные массы, в пределах которых должны измеряться другие переменные. Эти переменные также потребуются для получения информации на основе других данных.
- b) Течения. Изучение течений имеет решающее значение для понимания взаимосвязи популяций морских организмов и для оценки параметров рассеивания эксплуатационных и сбросных шлейфов.
- c) Приливы, отливы и волны. Приливы, отливы и волны взаимодействуют с течениями, влияя на процессы перемешивания. Приливы и отливы также оказывают влияние на некоторые морские организмы (приливно-отливные циклы).
- d) Турбулентность. Вертикальное турбулентное перемешивание является важнейшим фактором контроля вертикального потока веществ в толще воды. Турбулентное перемешивание под воздействием процессов в придонном слое играет важную роль в трансформации водных масс.
- e) Оптические свойства. Проникновение света и его наличие имеют решающее значение для многих процессов в верхней части водной толщи, включая формирование биомассы океанического фитопланктона посредством фотосинтеза, биогеохимический круговорот веществ на основе фотохимических реакций и нагревание верхнего слоя океана. К этой категории относятся также световые поля, касающиеся организмов, использующих биолуминесценцию для

питания, маскировки и размножения. Осадочные частицы из шлейфов, образующихся в результате удаления воды из шлама, могут повлиять на способность организмов светиться, что негативно скажется на их способности спариваться и кормиться.

f) Шум. Шум имеет множество источников, расположенных как в океане, так и на его поверхности. Он может воздействовать на целый ряд морских организмов, в том числе беспозвоночных, рыб и морских млекопитающих. Последствия для морских видов могут касаться их развития, анатомии, физиологии, поведения, экосистемных услуг и коэффициента смертности, что в свою очередь имеет социально-экономические последствия для рыболовства. Кроме того, деятельность, приводящая к возникновению шума, может влиять на здоровье популяций, благополучие морских видов и динамику экосистем.

## **В. Разрешение выборки**

55. Отбор проб разными физическими методами следует производить с использованием одного и того же пробоотборного устройства и в одно и то же время. Этот подход значительно повышает разрешение выборки, и его следует придерживаться по мере возможности.

56. Изменчивость физических параметров следует определять с помощью различных методов отбора проб следующим образом:

a) пространственная изменчивость (по вертикали) — станции (датчики проводимости, температуры и глубины (CTD-зонды) и пробоотборники воды), опускаемые акустические доплеровские измерители течения (LADCP), поплавковые/дрейфующие станции, АНПА/планеры (глайдеры) и судовые акустические доплеровские измерители течения (ADCP);

b) пространственная изменчивость (по горизонтали) — секции (CTD-зонды и пробоотборники воды), поплавковые/дрейфующие станции, АНПА/планеры, судовые ADCP, спутниковое дистанционное зондирование;

c) временная изменчивость — заякоренные/дрейфующие буйковые станции с ADCP или другими измерителями течений, станции/секции для повторных измерений, поплавковые/дрейфующие станции, донные модули и спутниковое дистанционное зондирование.

57. Океанографические и гидрохимические измерения и отбор проб должны проводиться на тех же станциях, где осуществляется отбор биологических проб, при этом в каждой физиографической зоне должно быть проведено хотя бы одно измерение. Если расстояние между физиографическими зонами превышает 50 км, рекомендуется предусматривать дополнительные станции: по крайней мере по одной станции через каждые 50 км как в широтном, так и в долготном направлениях и по одной станции через каждые 10–30 км в районах со значительными горизонтальными градиентами или крупными топографическими элементами.

58. Для изучения вертикальной изменчивости как физических, так и химических свойств водной толщи следует использовать CTD-зонды с дополнительными датчиками (например, мутности, растворенного кислорода, pH, флуоресценции или фотосинтетически активной радиации) в сочетании с розеточными пробоотборниками воды. Разрешение выборки для измерения физических параметров будет выше, чем для других параметров. Поэтому в дополнение к глубинам, указанным в пункте 22, отбор проб следует проводить на глубине 0 м, 10 м, 25 м, 30 м, 50 м, 75 м, 100 м, 125 м, 150 м, 200 м, 250 м и 300 м, затем каждые

100 м до глубины 1600 м, 1750 м, 2000 м, а затем каждые 500 м до уровня 200 м над морским дном.

59. Эту схему отбора проб следует модифицировать по мере необходимости для обеспечения того, чтобы все важные характеристики водной толщи были учтены.

60. Для изучения суточной изменчивости свойств водной толщи необходимо предусмотреть станцию для суточных измерений по каждой физиографической единице. Отбор проб следует осуществлять от поверхности до отметки 200 метров. Как отмечалось в разделе III.A, отбор проб следует повторять каждый сезон на протяжении нескольких лет для определения годовых и межгодовых изменений.

61. В дополнение к глубинам, указанным в разделе III.A, измерения скорости течения должны производиться на поверхности и на следующих глубинах: 10 м, 25 м, 50 м, 100 м, 200 м, 300 м, 500 м, 750 м, 1000 м, 1200 м, 1500 м, а затем через каждые 500 м до 200 м над морским дном. Эту схему следует модифицировать, если на необходимость этого указывает вертикальная структура водных масс. Несколько ADCP, установленных на различных носителях, могут использоваться для получения и анализа данных о пространственной (вертикальной и горизонтальной) и временной изменчивости течений. Высокоточные профили скорости течения на абсолютной глубине можно устанавливать с помощью LADCP (используемых в сочетании с CTD-зондом или отдельно). Их использование в сочетании с судовыми ADCP и/или вторичными ADCP, направленными вверх, повышает качество получаемых данных (Thurnherr et al., 2010).

62. Судовые ADCP собирают данные о пространственном распределении течений на глубинах до 1600 м в зависимости от спецификации используемого прибора. Однако при измерениях на больших расстояниях (800 м и 1600 м соответственно) наблюдается значительная погрешность измерений. Для обеспечения лучшего разрешения в верхних слоях (100–200 м) следует использовать сразу два судовых ADCP (например, OS75 или OS38 в сочетании с OS150 или WH300) (Firing and Hummon, 2010).

63. Для изучения временной изменчивости течений и других характеристик водной толщи следует использовать заякоренные буйковые станции с ADCP (или другими измерителями течений). Заякоренные буйковые станции должны быть задействованы в течение как минимум 12–13 месяцев (чтобы охватить один годовой цикл); их использование в течение более длительного срока позволяет получить более точную информацию. Количество ADCP (или других измерителей течений) должно быть достаточным для производства точных измерений в придонном слое (200 м). Настоятельно рекомендуется использовать дополнительные ADCP (или другие измерители течений) в поверхностных, средних и абиссальных слоях.

64. В опубликованной литературе приводятся рекомендации по LADCP (Thurnherr et al., 2010), судовым ADCP (Firing and Hummon, 2010), буксируемым ADCP и акустическим доплеровским профилографам (ADP) (Sgih et al., 2001).

65. Для получения данных о временной изменчивости других характеристик воды и процессов седиментации на заякоренных буйковых станциях должны быть установлены седиментационные ловушки и другое соответствующее оборудование.

66. Кроме того, для изучения временной изменчивости течений на соответствующих глубинах следует использовать поплавковые и дрейфующие станции.



## **С. Измеряемая переменная: температура и соленость**

67. Для определения физических характеристик водной толщи следует задействовать STD-зонды или проводить зондирование с помощью ТНПА, АНПА или планеров. Характеристики морской воды должны описываться в соответствии со стандартом «Термодинамическое уравнение состояния морской воды» 2010 года (TUS-10). Помимо стандартной конфигурации, предназначенной для измерения давления (с пересчетом на глубину), проводимости (с пересчетом на соленость) и температуры, любой STD-зонд следует по возможности снабжать дополнительными датчиками для измерения других параметров (например, таких как мутность, растворенный кислород, pH, флуоресценция, фотосинтетически активная радиация, нитраты и альтиметрия). Ключевые соображения относительно сбора качественных данных о проводимости, температуре и глубине и стандарты данных приведены в публикации 2006 года Группы по данным и информации ИКЕС.

68. STD-зонды или другие соответствующие датчики могут быть закреплены на тросах, дрейфующих/поплавковых станциях, заякоренных/дрейфующих буйковых станциях или донных модулях или могут использоваться как профилографы с движущегося судна. При профилировании проводимости, температуры и глубины с движущегося судна зонд забрасывается в воду с помощью портативной или стационарной пусковой установки, а затем извлекается путем сматывания троса, в то время как судно сохраняет свой курс и скорость.

69. Для получения информации об океанографических параметрах в синоптическом масштабе следует применять спутниковое дистанционное зондирование. Помимо температуры и солености на поверхности с помощью спутников можно также определять распределение морского льда, высоту волн, высоту поверхности, обратное рассеяние радиолокационных сигналов и цвет океана. Большое количество информации о спутниках и наборах данных можно найти на веб-сайтах НАСА (в частности, в Рассредоточенных активных архивах по физической океанографии Лаборатории ракетных и реактивных двигателей), НОАА, Европейского космического агентства (ЕКА), Японского агентства по исследованиям воздушного и космического пространства и программы «Коперник».

70. Буйковые станции, заякоренные буйковые станции и дрейфующие и поплавковые станции могут оснащаться датчиками для измерения температуры поверхности моря и температуры морской воды, давления на поверхности моря и давления морской воды, солености воды на поверхности моря и солености морской воды, скорости ветра, концентрации растворенного кислорода, флуоресценции и цвета океана, температуры слоя перемешивания и парциального давления растворенного углекислого газа ( $p\text{CO}_2$ ). Они могут использоваться для сбора биологической информации (например, о распределении личинок рыб) и для изучения течений и океанских волн. Ключевые соображения по сбору качественных данных с помощью буйковых устройств, стандартам данных и их обработке приведены в документах Группы экспертов по сотрудничеству в области буев для сбора данных, Группы по управлению данными с дрейфующих станций ИФРЕМЕР и сообщества программы «Арго».

## **Д. Измеряемая переменная: течения**

71. В целях получения целостной картины для определения параметров течений следует использовать как метод Эйлера (измерение скорости и направления течения во временной последовательности в определенной точке), так и метод Лагранжа (путь, пройденный каждой частицей жидкости, наблюдается как

функция времени). В случае метода Эйлера можно применять как механические, так и немеханические измерители течений. При использовании заякоренных буйковых устройств и других типов эйлеровых систем следует опираться на протоколы и методы, разработанные в рамках проекта FixO3 (Corrola et al., 2016). В отношении метода Лангранжа можно применять поверхностные дрейфующие станции, подповерхностные поплавковые станции или «всплывающие» дрейфующие или поплавковые станции. Спутниковые изображения температуры и цвета на поверхности моря могут быть использованы вместо данных, полученных с помощью дрейфующих станций, для изучения поверхностных течений при том предположении, что все смещения элементов поверхности, видимых на снимках, вызваны адвекцией поверхностных течений. Краткий обзор всех методов, включая преимущества и недостатки каждого, и соответствующие ссылки приведены в публикации Thomson and Emery (2014).

72. Полученные данные следует использовать для разработки и проверки числовой циркуляционной модели. Эта числовая циркуляционная модель в сочетании с приемлемой моделью переноса отложений будет использоваться для комплексного учета последствий агрегации и дезагрегации частиц и может быть использована для понимания потенциального рассеивания эксплуатационных и сбросных шлейфов.

73. Любые применяемые модели должны признаваться специалистами по моделированию океанических процессов в качестве пригодных для исследования дисперсных процессов вблизи морского дна и во всей водной толще в более широком смысле. При выборе подходящей модели можно опираться на обзор кодов Лагранжа для отслеживания частиц в режиме онлайн и офлайн со ссылками на соответствующую литературу, которые приведены в публикациях Van Sebille et al. (2018) и Numerical Models (2000).

74. Важным этапом анализа данных о течениях является их графическое представление. В публикации Joseph (2014) объясняется, как добиться этого в отношении данных, полученных как посредством измерений, так и посредством моделирования.

75. Параметры, подлежащие измерению, зависят от применяемого оборудования. Однако при этом следует учитывать величину и направление скорости течения, зональные и меридиональные компоненты скорости и вертикальную скорость.

76. На основании этих измерений необходимо определить характеристики режима течений в водной толще, особенно в диапазоне от придонного пограничного слоя до 200 м над морским дном. В ходе этой работы должны анализироваться структура месторождения, пространственные колебания скорости и направления течений (с особым упором на участки со сложной геоморфологией) и временные колебания скорости и направления течений. При определении характеристик временной изменчивости следует учитывать суточную, сезонную и межгодовую изменчивость; также необходимо документировать эпизодические события, такие как бури и турбидные потоки.

## **Е. Измеряемая переменная: приливы, отливы и волны**

77. Приливы и отливы следует измерять либо с помощью датчиков давления, установленных на заякоренных станциях, либо с помощью спутниковой альтиметрии. Хотя современные океанографические приборы на заякоренных станциях способны фиксировать колебания давления до доли миллиметра на самой большой глубине океана, для произведения точных измерений глубины

необходимы поправки на влияние температуры и информация о дрейфе датчика давления (примерно 1 см за год). Устранить дрейф помогает использование двойных датчиков давления. Информацию по поводу измерения уровня моря и интерпретации данных можно найти в руководствах МОК. При использовании для определения приливов и отливов спутниковой альтиметрии можно проводить оценку изменчивости морской поверхности по результатам многократных проходов спутниковой радиолокационной станции. Данные альтиметрии (включая данные, полученные с помощью спутников Topex/Poseidon, Jason-1, ERS-1 и ERS-2, Envisat и Doris), а также необходимое программное обеспечение и справочники доступны на веб-сайте Aviso+ ([www.aviso.altimetry.fr](http://www.aviso.altimetry.fr)).

78. Для измерения поверхностных гравитационных волн следует применять любые общепринятые методы, такие как спутниковая альтиметрия, использование буев-волнографов с акселерометрами и волномеров (включая волнометры резистивного и емкостного типа и датчики волнового давления) или спутниковая радиолокация с синтезированием апертуры.

79. К параметрам, подлежащим измерению, относятся данные о давлении или уровне моря в зависимости от того, используется ли заякоренная станция или спутниковая альтиметрия.

80. На основании этих измерений следует определять амплитуду и период приливов и отливов, основные составляющие приливов и отливов и их неравномерность, а также высоту и направление волн.

## **Г. Измеряемая переменная: турбулентность**

81. Оценка интенсивности турбулентности должна производиться прямыми или косвенными методами на основании данных, полученных с помощью датчиков разрыва в скоростях, CTD-зондов, ADCP, акустических доплеровских измерителей скорости (ADV) или доплеровских профилографов течений (DCP) (Thorpe, 2007).

82. Наблюдения для определения интенсивности турбулентности должны проводиться как можно ближе к морскому дну. Поскольку турбулентность, усиливаемая процессами у дна, обычно распространяется вверх через придонный пограничный слой, полевые измерения должны проводиться в диапазоне вплоть до средних слоев океана, включая весь придонный пограничный слой. С интенсивностью турбулентности тесно связана мутность в придонном слое. Следовательно, измерения турбулентности следует сочетать с исследованиями мутности (см. пп. 85–96). Если используется прямой метод, то для определения пространственного распределения интенсивности турбулентности рекомендуется использовать микроструктурный зонд горизонтального профилирования, прикрепленный к АНПА. При использовании метода шкалы Торпа CTD-зонд должен забрасываться с большой точностью и как можно ближе ко дну. Если используется акустический доплеровский метод, то профилограф течений на заякоренной станции должен размещаться на морском дне.

83. Параметры, подлежащие измерению, зависят от используемой методологии:

- а) прямые измерения — микромасштабный разрыв в скоростях, скорость опускания прибора, боковое ускорение прибора и измерение температуры с высоким разрешением;
- б) косвенные измерения — температура, проводимость, давление и скорость.

84. На основании этих измерений следует определять интенсивность рассеивания кинетической энергии турбулентного потока, плотность, частоту плавучести, профиль вертикальной скорости, микроструктурные колебания температуры, вертикальную вихревую диффузию, шкалу Торпа и скорость рассеивания температуры.

## **G. Измеряемая переменная: оптические свойства**

85. Оптические свойства морской воды можно разделить на видимые оптические свойства и присущие оптические свойства:

а) видимые оптические свойства зависят от природы морской воды и растворенных в ней веществ и частиц, а также от углового распределения (геометрии) солнечного излучения и должны измеряться с помощью спектрорадиометров, использующих переменные монохроматоры для разделения света на лучи разных длин волн;

б) присущие оптические свойства зависят от длины волны света и свойств водной среды, но не зависят от поля рассеянного света и его углового распределения и должны измеряться с помощью измерителей затухания монохроматических лучей (трансмиссометров), измерителей спектрального поглощения/затухания, датчиков рассеивания (или обратного рассеивания), капиллярных ячеек жидкостного волновода, приборов лазерной дифракции или проточной цитометрии.

86. Оптические свойства следует устанавливать одним из следующих методов:

а) физический отбор проб с борта судна на стоянках (вертикальное профилирование и отбор проб, радиометрические измерения с помощью привязных или ручных приборов) или во время движения (радиометрические измерения с помощью бортовых, привязных или ручных приборов, отбор проб с помощью проточных систем или буксируемых колеблющихся или расположенных на определенной глубине устройств или цепей с соответствующими датчиками);

б) измерения с АНПА, планеров, стационарных эйлеровых платформ (заякоренные буи, донные треноги и другие донные модули) и/или лагранжевых устройств (дрейфующие и поплавковые станции);

с) дистанционное зондирование с корабля, самолета или спутниковых платформ. Измерения этого типа могут быть пассивными (когда источником освещения является Солнце) или активными (когда в качестве такого источника используется сигнал с датчика, обычно лазерная подсветка).

87. Кроме того, оптические свойства следует определять с помощью инверсных моделей (см. подробнее в Werdell et al., 2018) или биооптических моделей (см. подробнее в Ogashawara, 2015).

88. Для измерения флуоресценции, фотоэмиссии или биолюминесценции (в том числе в дополнение к современным акустическим методам оценки биомассы) могут использоваться различные типы флуорометров. Более подробную информацию о каждом случае можно найти в работе Moore et al. (2009) и публикациях, ссылки на которые в ней приведены. Датчики для измерения мутности (нефелометры и датчики обратного рассеивания) могут иметь различную конфигурацию, и на них распространяется множество методов и стандартов конфигурации (например, стандарт ISO 7027). См. также Petihakis et al., 2014; и Tamburri, 2006. Дистанционное зондирование флуоресценции и биолюминесценции также может использоваться для измерения флуоресценции планктона со спутников (например, Erickson et al., 2019).

89. Для оценки избыточной концентрации взвешенных твердых частиц в эксплуатационных и сбросных шлейфах данные об оптической или акустической мутности необходимо преобразовывать в данные о концентрации взвешенных твердых частиц. Для этого оптические или акустические датчики должны быть настроены на взвешенные частицы, локально присутствующие в водной толще. Для проведения фоновых исследований это должно быть сделано посредством указания концентрации взвешенных твердых частиц, определенной в пробах воды, произведенных одновременно с измерениями мутности. Для мониторинга эксплуатационных и сбросных шлейфов можно применять тот же подход, если пробы воды могут быть взяты непосредственно из шлейфа. В противном случае датчики следует калибровать *ex-situ* в суспензиях, приготовленных из отфильтрованной местной морской воды с добавлением исходного материала из шлейфа.

90. Метод 180.1 Агентства по охране окружающей среды Соединенных Штатов (EPA 180.1) и стандарт ISO 7027 являются международно признанными для проверки работы нефелометров и датчиков мутности и подтверждения соответствия методу.

91. Приборы, соответствующие методу EPA 180.1, подходят для измерения уровня мутности в диапазоне от 0 до 40 нефелометрических единиц мутности (NTU). Эти нефелометры должны иметь разрешение 0,02 NTU или выше для работы в воде с мутностью менее 1 NTU.

92. В стандарте ISO 7027 указаны два количественных метода с использованием нефелометров: нефелометрия (для измерения диффузного излучения в воде с низкой мутностью) и турбидиметрия (для измерения затухания лучевого потока в водах с очень высокой мутностью). Результаты измерения мутности в соответствии с первым методом обычно находятся в диапазоне от 0,05 NTU или ниже до 400 NTU. В зависимости от конструкции прибора нефелометрию возможно проводить и в водах с повышенной мутностью. Значения NTU и FNU (формазиновая единица мутности) численно эквивалентны.

93. Мутность, измеренная вторым методом, выражается в единицах затухания по формазину (FAU), и результаты обычно находятся в диапазоне от 40 FAU до 4000 FAU.

94. В зависимости от методологии к параметрам, которые подлежат измерению, относятся: светимость, облученность, пространственная облученность, коэффициент затухания рассеянного света, коэффициент ослабления пространственной облученности, фотосинтетически доступная радиация, коэффициент отражения облученности, коэффициент отражения светимости, коэффициент поглощения, коэффициент рассеяния, коэффициент затухания луча, функция объемного рассеяния, цвет океана, флуоресценция, биолюминесценция, прозрачность и мутность.

95. На основании этих измерений следует определять присутствие хлорофилла-а и других пигментов, видимость, объем взвешенных наносов, биомассу фитопланктона, концентрацию частиц органического углерода и растворенного органического углерода, продуктивность в виде частиц органического углерода и видовой состав (для обнаружения вредоносного цветения водорослей и анализа на содержание нитратов) (см. также разд. V.H и VII.D).

96. Кроме того, оптические измерения могут использоваться для подтверждения измерений и калибровки приборов дистанционного зондирования.

## **Н. Измеряемая переменная: шум**

97. Необходимо определить две характеристики шума в широком диапазоне частот (1 Гц — 20 кГц): спектральные характеристики шума (импульсный и фоновый шум) и распространение звука. Информацию об основных механизмах, измерениях и принципах числового моделирования океанического фонового шума можно найти в работах Carey and Evans (2011) и Robinson et al. (2014). Измерения уровня шума могут производиться с судов (на стоянках или по ходу движения), АНПА, планеров, поплавковых и дрейфующих станций, заякоренных буйковых станций, буев, донных модулей и треног. Следует учитывать, что шум может происходить и от некоторых датчиков. Поэтому для снижения уровня шума одиночные треножные гидрофоны или группы гидрофонов следует размещать на некотором расстоянии от работающих приборов. Скорость звука следует измерять напрямую (с помощью профилографа или датчика скорости звука) или получать на основании значений температуры, солёности (проводимости) и давления, измеренных с помощью CTD-зонда (см. пп. 67–70). Метод получения скорости звука описан в работе Wong and Zhu (1995).

98. К параметрам, подлежащим измерению, относятся спектр шума и, возможно, скорость звука.

99. На основании этих измерений должны быть определены уровни фонового шума в вертикальных профилях по всей толще воды от поверхности моря до морского дна, временная изменчивость уровней фонового шума, глубина канала фиксации и определения дальности звука и скорость звука (если она не измеряется напрямую).

## **I. Качество данных**

100. Средства анализа, включая статистические методы, которые следует применять для сбора, обработки и представления данных, устранения ошибок, анализа пространственных полей данных и временных рядов таких средств и методов, приведены в работе Thomson and Emery (2014).

101. Для получения самых качественных данных данные, полученные с помощью CTD-зондов, подлежат корректировке. Процедуры калибровки будут отличаться в зависимости от лаборатории, однако считается общепринятым, что, хотя калибровку датчиков давления и температуры можно проводить в лаборатории до и после экспедиции, датчик проводимости лучше всего калибровать путем сравнения образцов с образцами, собранными для анализа солёности (ICES Data and Information Group, 2006; Petihakis et al., 2014, а также информация и руководства от производителей), и на основании стандарта по морской воде МАФНО.

102. Для контроля качества данных о проводимости, температуре и глубине следует использовать информацию Рабочей группы по управлению и обмену данными и их качеству Европейской глобальной системы наблюдения за океанами (EuroGOOS DATA-MEQ Working Group (2010)), МОК (IOC (2010)) или Комплексной системы наблюдений за океаном Соединенных Штатов (United States Integrated Ocean Observing System (2020a, 2020b)).

103. Для контроля качества и корректировки данных, связанных с АНПА и планерами, необходимо сверяться с публикациями Allen et al. (2018, 2020), United States Integrated Ocean Observing System (2016) и Woo (2011). По вопросам управления данными следует опираться на материалы Группы по управлению

данными о планерах проекта «Всеобщая планерная обсерватория» (EGO Gliders Data Management Team (2020)).

104. По измерениям температуры на поверхности воды и солёности следует обращаться к публикации Le Menn et al. (2019) и материалам Группы экспертов по сотрудничеству в области буев для сбора данных (Data Buoy Cooperation Panel (2011)).

105. Более подробная информация о различных типах дрейфующих и поплавковых станций, возможностях и преимуществах их использования, связанных с ними ограничениях и инновациях приведена в работе Lumpkin et al. (2017).

106. Значения температуры должны быть переведены в значения потенциальной температуры с учетом влияния гидростатического давления. Плотность (потенциальная плотность) должна рассчитываться косвенным путем на основании показателей солёности, температуры (потенциальной температуры) и давления с использованием уравнения состояния (TUC-10).

107. Рекомендации по контролю качества данных ADCP можно найти в материалах United States Integrated Ocean Observing System (2019a) и EuroGOOS DATA-MEQ Working Group (2010). Информацию о коррекции и обработке данных, собранных с помощью заякоренных буйковых станций (ADCP, RCM, Microcat) можно найти в публикации Karstensen (2005).

108. Калибровка имеет огромное значение для точного измерения уровня шума. Информацию о ней необходимо смотреть в следующих руководствах и публикациях: Biber et al. (2018) (детали калибровки) и Robinson et al. (2014), а также United States Integrated Ocean Observing System (2017) (контроль качества).

109. Все модели должны быть апробированы.

110. Пространственное разрешение современных радиометров составляет 1 км (усовершенствованный радиометр очень высокого разрешения (AVHRR)), но они могут работать только в безоблачную погоду. С помощью пассивных микроволновых датчиков можно вести наблюдения даже в условиях облачности, поскольку они работают на более длинных волнах (6–12 ГГц), однако они имеют гораздо худшее пространственное разрешение (25–50 км) (Talley et al., 2011). Микроволновые радиометры могут использоваться для измерения солёности воды на поверхности моря с пространственным разрешением 50–100 км во временном масштабе от недели до месяца соответственно (Talley et al., 2011; и Thomson and Emery, 2014). Помимо температуры и солёности на поверхности, с помощью спутников можно также определять распределение морского льда, высоту волн, высоту поверхности, обратное рассеяние радиолокационных сигналов и цвет океана. Более подробную информацию о спутниковом дистанционном зондировании можно найти в профильной литературе (например, Stewart, 1985; Robinson, 2004; и IOC, 1992), документах Международной координационной группы по цвету океана и Протоколах по оптике океана для подтверждения данных спутниковых датчиков цвета океана.

111. За последние несколько десятилетий в рамках различных международных научных программ были накоплены большие массивы данных. Эти данные находятся в открытом доступе, и собранные фоновые данные следует сопоставлять с ними в целях обеспечения качества. Ниже приведено несколько примеров:

а) Эксперимент по изучению циркуляции Мирового океана, 1990–2002 годы ([www.nodc.noaa.gov/woce/wdiu](http://www.nodc.noaa.gov/woce/wdiu));

- b) данные подповерхностных поплавковых станций в рамках Эксперимента по изучению циркуляции Мирового океана ([www.aoml.noaa.gov/phod/float\\_traj/index.php](http://www.aoml.noaa.gov/phod/float_traj/index.php));
- c) База данных Мирового океана ([www.nodc.noaa.gov/OC5/WOD/pr\\_wod.html](http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOD/pr_wod.html));
- d) Глобальная программа по профилированию температуры и солёности ([www.nodc.noaa.gov/GTSPP](http://www.nodc.noaa.gov/GTSPP));
- e) SeaDataNet ([www.seadatanet.org](http://www.seadatanet.org));
- f) Кориолисова база данных по океану для повторного анализа ([www.coriolis.eu.org/Data-Products/Products/CORA](http://www.coriolis.eu.org/Data-Products/Products/CORA));
- g) хранилище данных «Пангея» (<https://www.pangaea.de/?t=Oceans>);
- h) Глобальная программа по дрейфующим станциям (в прошлом Программа по поверхностной скорости течения) ([www.aoml.noaa.gov/phod/gdp/index.php](http://www.aoml.noaa.gov/phod/gdp/index.php));
- i) Глобальная база данных океанических течений ([www.ncei.noaa.gov/products/global-ocean-currents-database-gocd](http://www.ncei.noaa.gov/products/global-ocean-currents-database-gocd));
- j) поплавковые станции «Арго»: домашняя страница «Арго» ([www.argo.ucsd.edu](http://www.argo.ucsd.edu)) и домашняя страница международного проекта «Арго» ([www.argo.net](http://www.argo.net)); данные буев «Арго» для биогеохимических наблюдений (<https://biogeochemical-argo.org>);
- k) архивные данные о дрейфующих буях, Комплексное управление научными данными, Министерство рыболовства и океанических ресурсов Канады ([www.dfo-mpo.gc.ca/science/data-donnees/drib-bder/index-eng.html](http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/data-donnees/drib-bder/index-eng.html));
- l) также могут оказаться полезными следующие электронные атласы:
  - i) Атлас Мирового океана 2018 года ([www.nodc.noaa.gov/OC5/woa18](http://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa18));
  - ii) Электронный атлас данных Эксперимента по изучению циркуляции Мирового океана ([www.ewoce.org](http://www.ewoce.org)).

## J. Управление данными

112. Данные и метаданные должны быть предоставлены Органу, как указано в разделе III.E. Дополнительные указания по конкретным переменным можно получить из публикаций, ссылки на которые приведены выше.

## V. Химическая океанография и биогеохимия

### A. Введение

113. Понимание химической среды в водной толще и отложениях (т. е. в поровых водах и твердых фракциях) необходимо для установления фоновых океанографических и биогеохимических параметров и для оценки на более позднем этапе как прямого воздействия добычи на морское дно, так и косвенного воздействия, обусловленного образованием шлейфов взвешенных наносов, включая потенциальное покрытие ими морского дна и их влияние на процессы в водной толще.



114. Образование шлейфов взвешенных наносов во многом зависит от будущих добычных технологий. Шлейфы могут переноситься на большие расстояния (от 1 км до десятков километров), они могут отличаться от окружающей воды по размеру частиц и химическому составу и будут оседать вдали от источника и, следовательно, оказывать потенциальное воздействие на пелагические и бентические экосистемы и их функции и на морские биогеохимические циклы на больших участках.

115. Предметом биогеохимии морских отложений являются процессы и функции на морском дне. Она сочетает изучение биохимических превращений с наблюдениями за связанными с этим биологическими, геохимическими и геологическими процессами. Наблюдения сосредоточены на бентических процессах, связанных с реминерализацией органического материала, переносимого из поверхностных вод в результате окислительно-восстановительных реакций. Измерения основываются главным образом на результатах отбора проб отложений и последующего послойного извлечения поровых вод и субпроб твердой фазы для анализа. В некоторых случаях, например для установления скорости поглощения кислорода и параметров распределения pH, измерения необходимо производить непосредственно на морском дне (т. е. *in situ*). Для всех переменных поровой воды, которые в дальнейшем будут использоваться для количественной оценки высвобожденной поровой воды и параметров рассеивания шлейфов, необходимо производить дополнительный отбор проб в придонных водах в целях установления фоновых показателей, позволяющих определить твердые частицы или поровые воды, высвобождаемые в результате возмущений на морском дне или сброса материала, и их воздействие (т. е. распределение, перенос и преобразование реагентов и продуктов реакций).

116. К химическим переменным, подлежащим измерению в водной толще, отложениях и поровой воде, относятся следующие:

а) Питательные вещества. Присутствие неорганических макроэлементов ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) в верхнем слое океана зачастую ограничивает и регулирует количество органического углерода, улавливаемого фитопланктоном, и формирует важнейший механизм, контролирующий наличие органического материала на морском дне. Концентрация питательных веществ в поровых водах ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$  и  $\text{PO}_4$ ) предоставляет информацию о биогеохимическом цикле органического материала и окислительно-восстановительных условиях в разных слоях отложений.

б) Кислород. Концентрация кислорода в водной толще предоставляет информацию о производстве органического материала в поверхностном слое и его реминерализации во время перемещения на морское дно. Распределение кислорода в отложениях, глубина проникновения кислорода и кислородный цикл в зоне соприкосновения донных осадков с водой служат показателем реминерализации бентического органического материала и активности бентического сообщества. Кроме того, наличие кислорода влияет на подвижность большинства металлов.

в) Карбонатная система. Эта система сдерживает процессы первичного производства, реминерализации органического углерода, окисления металлов в осадочных шлейфах, закисления океана, дезоксигенации в толще воды, реминерализации органического материала, вторичных окислительно-восстановительных реакций и индуцированных реакций поровой воды и минералов в осадочных породах, все из которых влияют на функции экосистемы.

d) Рассеянные металлы. Многие рассеянные металлы являются необходимыми элементами для поддержания клеточных функций микроорганизмов. Однако при повышенных концентрациях эти элементы могут оказывать токсическое действие, интенсивность которого зависит от металла, химического состава и организма.

e) Органические и неорганические вещества. Поступление органического материала на морское дно является ключевым фактором биогеохимических процессов. Он обеспечивает наличие пищи для поддержания биомассы и биоразнообразия бентических организмов посредством участия в бентической пищевой сети. Наблюдения в водной толще сосредоточены на продуктивности и экспорте, а измерения на морском дне служат для оценки количества и качества органического материала, доступного для бентических организмов, биогеохимического цикла на морском дне и динамики круговорота бентических органических веществ.

f) Радиоизотопные (радиоактивные) индикаторы. Анализ радиоизотопов, связанных с твердой фазой отложений, необходим для количественной оценки биотурбационной активности в отложениях и определения скорости седиментации. Распределение естественных радиоизотопов служит контрольным параметром для установления прямого воздействия добычных работ на отложения и водную толщу (включая высвобождение поровых вод). Кроме того, оно позволяет оценить количество радиоизотопов и, следовательно, интенсивность естественной радиоактивности в конкрециях после начала добычи.

## **В. Общая методология**

117. В отношении большинства химических и биогеохимических переменных действуют общепринятые методы, которые следует применять, чтобы получать высококачественные, точные и достоверные данные, которые поддаются сопоставлению вне зависимости от того, к какому лицензионному участку они относятся и каким контрактором они были получены.

118. Пробы для определения химических параметров водной толщи должны отбираться с помощью наиболее подходящего из следующих методов:

a) отбор проб воды с помощью батометров и CTD-зондов с задействованием ТНПА для тестирования на содержание питательных веществ, кислорода, карбонатной системы, рассеянных металлов (с использованием CTD-зондов и батометров Go-Flo, свободных от рассеянных металлов), растворенного органического материала и взвешенных твердых частиц, включая твердые органические вещества. Для получения непрерывных данных и фоновой информации о химических свойствах могут использоваться электрохимические и оптические химические датчики, но они не должны заменять собой сбор дискретных проб воды для высокоточного и высококачественного химического анализа;

b) с помощью насосов *in situ* для определения радиоизотопной активности, рассеянных металлов и концентрации взвешенных твердых частиц;

c) с помощью заякоренных или привязных седиментационных ловушек для определения концентрации частиц и потоков частиц;

d) с помощью буюв «Арго» для биогеохимических наблюдений для определения pH, содержания нитратов, кислорода и т. д.

119. В то время как задействование CTD-станций, насосов *in situ* и привязных седиментационных ловушек подразумевает стационарную работу, что ограничивает гибкость сбора данных, заякоренные седиментационные ловушки должны быть размещены в водной толще на срок до двух лет для проведения наблюдений с разрешением по времени. Кроме того, для получения пространственных и временных данных о химических переменных следует использовать автономные поплавковые станции, дрейфующие станции и аналогичные устройства, оснащенные химическими, биохимическими и оптическими датчиками.

120. Пробы для анализа отложений и поровой воды следует получать с помощью многокамерного пробоотборника, управляемого манипулятором с ТНПА пробоотборника толкательного действия или аналогичного надежного устройства для пробоотбора в верхних осадочных слоях толщиной несколько дециметров и гравитационного пробоотборника для взятия проб в более глубоких слоях. Что касается отбора биогеохимических и химических океанографических проб, то общепринятые и согласованные методы отбора таких проб изложены в публикациях Международной программы океанографических открытий (ранее — Комплексная программа океанического бурения, 2003–2013 годы) и инициатив Go-Ship и Geotraces (где предметом изучения является водная толща), а также в публикациях, размещенных в хранилище Системы передовой практики по вопросам океана (находится в ведении программы «Международный обмен океанографическими данными и информацией» (МООД) в рамках МОК); также необходимо учитывать основные океанические переменные в соответствии с определением ГСНО.

121. Поровая вода должна извлекаться сразу после забора кернов, при этом для каждой переменной предусмотрены приемлемые методы; кроме того, если это возможно, на основании одних и тех же проб поровой воды следует определять как можно больше биогеохимических переменных. Извлечение поровой воды должно осуществляться в течение нескольких часов после сбора. В отношении некоторых растворенных компонентов, процесс изменения которых, как ожидается, будет довольно медленным (например, фосфаты и кремниевая кислота), образцы поровой воды можно хранить при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  или  $-80^{\circ}\text{C}$  до возвращения на берег для проведения анализа. Седиментационные керны, не предназначенные для анализа поровой воды, можно хранить при температуре  $4^{\circ}\text{C}$  или ниже (до получения субпроб из каждого слоя отложений). В отношении некоторых чувствительных компонентов (например, питательных веществ) анализ поровой воды должен производиться на борту судна как можно скорее после извлечения поровых вод из отложений, а другие анализы могут выполняться в лаборатории на берегу с использованием образцов, доставленных туда в замороженном или охлажденном виде и соответствующим образом законсервированных.

122. Поскольку на биогеохимические процессы и потоки растворенных веществ в зоне соприкосновения отложений и воды влияют условия в вышележащем слое воды, следует всегда отбирать пробы воды над отложениями в кернаприемнике в качестве конечного элемента для поровой воды. Поскольку образец может измениться во время извлечения или транспортировки, его следует сравнивать с пробами, взятыми на самой большой глубине в водной толще с помощью CTD-зонда.

123. Пробы субокисных отложений и поровой воды следует анализировать в анаэробном перчаточном пакете (боксе) (заполненном инертным газом, например азотом или аргоном), чтобы сохранить характеристики металлов и другие чувствительные к окислительно-восстановительным процессам переменные.

124. Ниже по каждой переменной приведены ссылки на имеющиеся современные передовые методы с указанием необходимых изменений в целях обеспечения актуальности для глубоководной добычи. Если общепринятая передовая практика пока не сформировалась (например, в отношении фракционирования коллоидов/наночастиц для рассеянных металлов), приводится рекомендуемая методология и ссылки на самые современные научные публикации. ГСНО ([www.goosocean.org](http://www.goosocean.org)) — это основанная на сотрудничестве система непрерывных наблюдений за океаном, которая охватывает сети *in situ* и спутниковые системы и в которой участвуют правительства, учреждения системы Организации Объединенных Наций и отдельные ученые; большинство переменных относятся к основным океаническим переменным в соответствии с определением ГСНО.

125. Поскольку применяемые методы могут со временем меняться (например, в связи с появлением новых технологических решений), для учета таких обновлений следует использовать онлайн-базы данных по передовой практике. В качестве информационного центра для поиска примеров действующей передовой практики в области океанических исследований и наблюдений и управления данными и информацией рекомендуется использовать хранилище Системы передовой практики по вопросам океана (<https://repository.oceanbestpractices.org>). Это постоянно функционирующее открытое цифровое хранилище примеров передовой отраслевой практики по касающимся океана научным дисциплинам и приложениям. Оно находится в ведении программы МООД, которая является частью МОК.

### **С. Разрешение выборки**

126. Для приблизительной оценки ожидаемых пространственных и временных изменений поверхностных океанографических характеристик, которые контролируют первичную продуктивность в пределах лицензионного участка, рекомендуется использовать архивные данные дистанционного зондирования методом спутниковой альтиметрии, данные о температуре на поверхности моря, данные о цвете океана и гидрографические данные, размещенные в хранилищах данных. Эта информация должна рассматриваться в совокупности с информацией об океанических и атмосферных процессах в целях выработки соответствующей временной и пространственной стратегии отбора проб для определения химических параметров в водной толще в пределах соответствующего района, с тем чтобы охватить зоны с различной первичной продуктивностью и меняющимися океанографическими особенностями. В водной толще над предполагаемым добычным участком в пределах контрактного района (включая РЭП) и ЗЭП необходимо разместить по крайней мере одну CTD-станцию и две седиментационные ловушки (одну вблизи морского дна, а другую — на расстоянии около 500 м над морским дном). Для установления временной изменчивости отбор проб с помощью CTD-зондов и автоматических ловушек на этих станциях должен производиться непрерывно. Кроме того, необходимо определить расположение трансект в пределах всего лицензионного участка с помощью размещенных на расстоянии около 100 км друг от друга CTD-станций.

127. Что касается измерений в водной толще, то для определения характеристик всех зон, определенных на основании данных физической океанографии (см. разд. IV) (например, верхний перемешанный слой, пикноклин, зона кислородного минимума, отдельные океанографические водные массы в термоклине, промежуточные и глубоководные области), пробы следует отбирать по всей водной толще.

128. Как отмечалось в пункте 22, рекомендуется обеспечивать более высокое разрешение вертикального отбора проб вблизи морского дна, поскольку таким образом будет охвачено вертикальное пространство ожидаемого рассеивания эксплуатационного шлейфа и установлена наиболее вероятная глубина рассеивания сбросного шлейфа. Если на момент проведения фоновых исследований глубина образования сбросного шлейфа еще не определена, следует охарактеризовать все потенциальные глубины, на которых могут производиться выбросы.

129. Отбор проб воды с целью получения комплексных данных с помощью CTD-зондов, насосов *in situ* и седиментационных ловушек должен проводиться как можно ближе к морскому дну. Для оценки естественных бентических потоков (попадания металлов) из отложений в вышележащий придонный слой воды отбор проб следует проводить как можно ближе к морскому дну. В дополнение к точечному отбору проб с помощью CTD-зондов необходимо на длительные периоды задействовать пассивные пробоотборники по вертикальному градиенту от морского дна до отметки 10 м над морским дном.

130. Отбор проб следует по возможности производить с помощью одного и того же пробоотборника и в одно и то же время (см. разд. III.C) в соответствии со схемой «гнездовой» стратифицированной выборки. Общие соображения по поводу учета пространственной и временной изменчивости (см. разд. III.A) применяются и в данном случае. Более подробная информация по конкретным переменным приведена ниже.

#### **D. Измеряемая переменная: питательные вещества**

131. Рекомендуемые передовые методы определения растворенных неорганических макроэлементов ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  и  $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) как в водной толще, так и в поровой воде отражены в пересмотренном руководстве по инициативе Go-Ship (Becker et al. (2019)) и в стандартных протоколах Gieskes et al. (1991) и Grasshoff et al. (1999). Измерения следует производить с помощью методов анализа непрерывного или сегментированного потока с использованием сертифицированного эталонного материала и/или эталонного материала для питательных веществ в морской воде для обеспечения контроля качества в ходе анализа.

132. Даже с помощью высокоточного оборудования определить количество аммония в глубоководных поровых водах трудно из-за очень низких концентраций. Поэтому, если концентрации оказываются близки к пределу обнаружения, определение аммония в поровой воде можно не проводить до появления более совершенных аналитических методов. Кремниевая кислота в глубоководных поровых водах не обладает высоким диагностическим потенциалом для определения бентической геохимической системы и поэтому также может быть исключена из фоновых наблюдений.

133. Концентрация питательных веществ, особенно нитратов и нитритов, должна определяться сразу после отбора проб или анализироваться в течение одной-двух недель, если сразу после отбора пробы воды и поровой воды замораживаются при температуре  $-80^\circ\text{C}$ .

134. Методология, которую следует использовать для определения содержания нитратов и нитритов в морской и поровой воде (и одновременно концентрации фосфатов и кремниевой кислоты с помощью анализа сегментированного потока), изложена ниже:

а) Необходимо проанализировать несколько миллилитров свежееизвлеченной (или только что оттаявшей) необработанной воды или поровой воды, обычно при двукратном (вода) или трехкратном (поровая вода) разбавлении при постоянном поступлении азота в систему анализа сегментированного потока.

б) Общая концентрация  $\text{NO}_x$  (нитраты + нитриты) должна определяться колориметрически при длине волны 520–540 нм после редукции нитратов в нитриты при pH 8 с использованием омедненной кадмиевой спирали.

i) Содержание нитритов измеряется отдельно колориметрически при длине волны 520–540 нм после их реакции с сульфаниламидом в кислой среде.

ii) Концентрация нитратов определяется путем вычитания значения измеренной концентрации нитритов из общего значения  $\text{NO}_x$ .

с) Содержание фосфатов следует определять колориметрически при длине волны 820 нм (дигидразинсульфат) или 880 нм (аскорбиновая кислота) по методу образования молибденовой сини.

д) Концентрацию кремниевой кислоты следует определять колориметрически при длине волны 660 нм (хлорид олова) или 820 нм (аскорбиновая кислота) в качестве кремнемолибдатного комплекса.

135. Данные необходимо представлять в моль/л (или нмоль/л, мкмоль/л или ммоль/л в зависимости от конкретного диапазона концентрации компонента), а данные по твердой фазе — в мг/кг или весовых процентах. Данные должны всегда сопровождаться информацией о пробелах (если это применимо), пределах количественного определения и результатах, касающихся сертифицированного эталонного материала или эталонного материала для питательных веществ в морской воде. Каждый образец должен быть проанализирован в повторном или трехкратном измерении. Аналитическая точность для каждого образца не должна превышать 5% относительного стандартного отклонения. Калибровка для каждого компонента питательных веществ в поровой воде должна проводиться на основании стандарта МАФНО для морской воды с применением не менее шести стандартов. Коэффициент детерминации ( $r^2$ ) для каждой калибровочной кривой должен быть больше 0,98. Средние концентрации питательных веществ должны быть рассчитаны по результатам повторных или трехкратных измерений и представлены в виде единиц глубины. Также необходимо указывать информацию о качестве анализа (т. е. точность, тщательность) во время измерений.

136. Параметры, которые следует измерять как в водной толще, так и в поровой воде, — это содержание  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{PO}_4^{3-}$ , причем содержание  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{Si(OH)}_4$  измеряется только в водной толще.

137. На основании этих измерений следует определять такие параметры, как первичная продуктивность (только в водной толще), интенсивность дыхательных процессов, реминерализация, дезоксигенация и бентические потоки, а также окислительно-восстановительные процессы в отложениях.

## Е. Измеряемая переменная: кислород

138. Методология, которую следует использовать для измерения распределения кислорода в водной толще, описана в публикациях Langdon (2010), McTaggart et al. (2010) и Uchida et al. (2010). Обзор оптодов приводится в работе Bittig et al. (2018). Центром океанографических данных Скриппсовского океанографического института был разработан автоматизированный лабораторный метод, который может быть использован для измерений, а также сопутствующее программное обеспечение (<https://scripps.ucsd.edu/ships/shipboard-technical-support/odf/chemistry-services/dissolved-oxygen>).

139. Наблюдения кислорода на морском дне должны охватывать как измерения потребления кислорода, так и глубину проникновения кислорода в отложения. Потребление кислорода измеряется в первую очередь в верхнем осадочном слое, и измерения должны проводиться *in situ* (т. е. непосредственно на морском дне). Измерения параметров распределения кислорода в толще отложений должны проводиться в лаборатории на извлеченных кернах, полученных с помощью многокамерных пробоотборников (верхние несколько дециметров) и гравитационных пробоотборников для определения глубины проникновения (т. е. глубины, на которой концентрация кислорода падает до нуля) (например, Mewes et al., 2014). Кислород следует измерять с помощью датчиков (либо оптических датчиков кислорода (оптодов), либо электродов типа электрода Кларка), с тем чтобы можно было производить измерения с требуемым пространственным разрешением и избегать риска загрязнения атмосферным кислородом при отборе проб. Для описания вертикальных профилей концентрации кислорода в поровых водах следует использовать микродатчики (микроэлектроды и волоконно-оптические оптоды). Для связанных с временным рядом измерений кислорода в бентических камерах или придонных водах следует использовать более крупные и более стабильные во временном отношении оптические датчики (макрооптоды). Датчики должны быть тщательно откалиброваны в лаборатории, и записи, полученные на месте, должны быть подтверждены путем сравнения результатов измерений, произведенных над отложениями, с показателями концентрации в придонной воде, определенными с помощью методов, упомянутых ранее.

140. Что касается поглощения кислорода на морском дне, то здесь ожидается сильная пространственная и сезонная динамика, поэтому измерения *in situ*, проводимые во время экспедиций с помощью микропрофилографов и/или камер, должны охватывать различные временные интервалы относительно основных событий, касающихся продуктивности и экспорта (например, цветение водорослей, усиление вертикальных потоков и осаждение фитодетрита). Для полного учета сезонной изменчивости эти измерения должны дополняться временными рядами измерений поглощения кислорода, выполненными автономно путем многократного профилирования и/или выдерживания в камере (см. ниже) с помощью мобильных платформ (бентических гусеничных модулей (краулеров)) в течение более длительных периодов времени — нескольких месяцев или в течение года.

141. Измерения поглощения кислорода должны проводиться *in situ* с использованием бентических камер и микропрофилографов (Boetius and Wenzhöfer, 2013). С помощью инкубационной камеры можно определить общий показатель поглощения кислорода, который также называется показателем поглощения кислорода сообществами организмов в отложениях, в то время как микропрофилографы измеряют поглощение диффузионного кислорода. Для измерения параметров поглощения диффузионного кислорода кислородные микродатчики опускаются в отложения небольшими вертикальными шагами с помощью микропрофилографов. Для полного учета поглощения кислорода измерения

кислорода *in situ*, как правило, должны включать измерения поглощения как общего, так и диффузионного кислорода. Если методология и анализируемая величина (т. е. измерение поглощения общего или диффузионного кислорода) остаются неизменными в течение всего периода фоновых наблюдений, то одна из двух величин считается достаточной. Если выбирается только один подход, то предпочтительными являются измерения поглощения общего кислорода, поскольку они охватывают все седиментационное сообщество и учитывают поглощение кислорода, происходящее в конкрециях, и дыхательные процессы эпифауны конкреций. Однако измерения поглощения диффузионного кислорода, которые в основном касаются дыхательных процессов микробов, являются приемлемой альтернативой, поскольку влияние фауны в глубоководных отложениях обычно невелико и ожидается, что большая часть дыхательных процессов будет происходить в отложениях, а не в конкрециях.

142. Время задействия оборудования для анализа параметров поглощения общего кислорода должно быть достаточным для достоверного определения темпов снижения показателей по значениям кислорода с учетом характеристик датчика. Поглощение диффузионного кислорода следует рассчитывать по профилю распределения кислорода по глубине путем сопоставления измерений с одномерной моделью диффузионного переноса и дыхания. Поскольку профилографы *in situ* обычно не достигают глубины проникновения кислорода в глубоководной среде с низкой интенсивностью дыхания, измерения должны охватывать слой отложений, в котором происходит значительное поглощение кислорода (см. следующий пункт).

143. Что касается вертикальных профилей, то для проведения как измерений *in situ*, ориентированных на потоки, так и измерений в кернах, ориентированных на установление глубины проникновения кислорода, диаметр наконечника датчика и вертикальные интервалы между последовательными измерениями должны быть обратно пропорциональны наклону кислородного градиента и, следовательно, должны быть меньше в верхних слоях толщиной в несколько дециметров, чем в слоях ниже. Как правило, диаметр наконечника должен быть менее 100 мкм для верхнего слоя толщиной 0,5 м и менее 1 мм в более глубоких слоях. Вертикальные интервалы могут начинаться с 250 мкм и могут увеличиваться до небольшого диапазона от сантиметра до дециметра в слоях ниже 0,5 м. Изменения концентрации в последовательных интервалах по глубине должны быть значительно ниже 2% от концентрации в придонной воде. Профилирование *in situ* для расчетов коэффициента поглощения диффузионного кислорода должно вестись в том слое, в котором поглощается значительная доля от общего объема кислорода. Оно должно охватывать как минимум верхние 20 см или достигать глубины, на которой волюметрическая интенсивность дыхания (определенная с помощью одномерного транспортно-реакционного моделирования) падает ниже 10% от максимальной интенсивности, наблюдаемой в верхней части профиля. В случае измерения поглощения общего кислорода с помощью камер частота наблюдений не критична, так как снижение объема кислорода происходит медленно, и достаточно произведения одного замера каждые пару минут. Если показания датчика показывают большой разброс, частоту наблюдений можно увеличить.

144. Для определения глубины проникновения кислорода и окислительно-восстановительной зональности во всем окисном седиментационном слое измерения кислорода должны производиться в придонных водах над отложениями и продолжаться в поровых водах на длинных кернах вплоть до глубины, где уровень кислорода падает до нуля или достигает минимального значения.



145. Параметр, подлежащий измерению, — это растворенный кислород ( $O_2$ ); первичные данные должны представляться в виде значения концентрации (моль/л).

146. По результатам наблюдений за кислородом в водной толще следует определять: кажущееся потребление кислорода, чистую продуктивность сообществ, чистый поток экспорта углерода, запасы кислорода в океане, а также скорость дезоксигенации и окисления в результате окисления восстановленных металлов. В отношении донных отложений необходимо определить следующее: глубину проникновения кислорода, волюметрическую интенсивность дыхания в различных слоях отложений, скорость потребления/поглощения кислорода седиментационным сообществом, скорость реминерализации углерода и чистую скорость потока органического материала на морское дно. Кроме того, необходимо определить окислительно-восстановительную зональность отложений.

## **Г. Измеряемая переменная: карбонатная система**

147. Вместо карбонатной щелочности (как описано в документах [ISBA/25/LTC/6/Rev.1](#) и [ISBA/25/LTC/6/Rev.1/Corr.1](#)) для определения характеристик карбонатной системы следует брать за основу общую щелочность, поскольку на эту переменную влияют не только карбонатные и бикарбонатные соединения, но и борат, сероводород и растворенный органический углерод.

148. Подробная информация о получении данных о переменных карбонатной системы, в том числе о качестве данных, приведена в литературе по химической океанографии и биогеохимии, например в Dickson et al. (2007) и публикациях Европейской комиссии (European Commission (2011)).

149. С тем чтобы установить пределы анализа всех компонентов углекислотной системы морской воды (т. е.  $[CO_2]$ ,  $[H_2CO_3]$ ,  $[HCO_3^-]$ ,  $[CO_3^{2-}]$ ,  $[H^+]$ ), давление, температуру и соленость следует измерять в сочетании с любыми двумя из следующих параметров: растворенный неорганический углерод, карбонатная щелочность,  $pCO_2$  и pH (Millero, 2013). В то время как общая щелочность является устойчивой переменной карбонатной системы, которую можно измерять *ex situ* без риска аномальных явлений, растворенный неорганический углерод, pH и  $pCO_2$  чувствительны к изменениям давления и температуры, а также к вынужденной дегазации на этапе поднятия образцов из глубоководных районов дна на поверхность. Поэтому pH и  $pCO_2$  следует измерять *in situ*, чтобы избежать возникновения аномалий в пробах *ex situ*, которые невозможно исправить на этапе обработки данных.

150. Для учета влияния на общую щелочность других химических веществ, таких как борат и сероводород, необходимо провести дополнительные измерения в поровой воде в отложениях. Поскольку отдельные компоненты измерить трудно, эти дополнительные измерения обычно охватывают такие переменные, как общая концентрация бора (т. е. содержание как бората, так и борной кислоты) и общая концентрация сульфида (т. е.  $[S_2^-]$ ,  $[HS^-]$  и  $[H_2S]$  в совокупности). Это устойчивые переменные, которые можно измерять *ex situ*.

151. Для получения дополнительной информации о существующих глобальных сетях наблюдений, в том числе об имеющихся методах работы с датчиками (в основном для определения содержания  $CO_2$  и pH, например в случае буев «Арго» для биогеохимических наблюдений), и будущих возможностях для наблюдений следует обращаться к справочным материалам по основным океаническим переменным ГСНО.

152. Характеристики карбонатной системы должны определяться на основании общей щелочности и по крайней мере одного из следующих показателей: растворенный неорганический углерод, pH и  $p\text{CO}_2$  (Dickson et al., 2007; European Commission, 2011). Другие переменные, такие как общая концентрация бора, общая концентрация сульфидов и растворенный органический углерод, также должны приниматься во внимание, поскольку они влияют на общую щелочность (Luff et al., 2001; Zeebe and Wolf-Gladrow, 2001).

153. При этом необходимо применять следующую методологию:

a) При исследовании образцов поровой воды общую щелочность следует определять в аликвотах извлеченной поровой воды путем титрования разбавленным раствором HCl, наблюдая изменение pH спектроскопически, потенциометрически или оптически (например, используя подходящий индикатор pH) и барботируя раствор в сосуде для титрования азотом или аргоном для удаления из раствора образовавшихся  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  (например, Wallmann et al., 2006); Haffert et al., 2013).

b) При исследовании образцов водной толщи следует придерживаться методологии, изложенной в рекомендациях сообщества специалистов по закислению океана, например в работе Dickson et al. (2007) и материалах Европейской комиссии (European Commission (2011)).

c) Общее содержание растворенного неорганического углерода следует определять кулонометрически в аликвотах извлеченной поровой воды. Образцы необходимо оберегать от дальнейшего микробиологического разрушения путем добавления раствора  $\text{HgCl}_2$  и хранить в плотно закрытых сосудах с добавлением азота во избежание газообмена с атмосферой. Растворенный неорганический углерод должен быть преобразован в  $\text{CO}_2$  путем обработки образца фосфорной кислотой. Для проведения измерений газ необходимо переместить в кулонометр с помощью газа-носителя (очищенного гелия). Растворенные сульфиды в образце осаждаются в виде моносulfида меди ( $\text{CuS}$ ) путем добавления к образцу сульфата меди ( $\text{CuSO}_4$ ). Посредством эквивалентной процедуры необходимо определить изотопный состав  $\delta^{13}\text{C}$  растворенного неорганического углерода с помощью масс-спектрометрии изотопных соотношений. Стабильный изотоп углерода в составе растворенного неорганического углерода обеспечивает дополнительную информацию, которая позволяет отличать органоластическое производство растворенного неорганического углерода от процессов окисления метана.

d) Профили pH следует определять *in situ* с помощью стеклянных микроэлектродов (например, Wenzhöfer et al., 2001; Revsbech and Jorgensen, 1986).

e) Концентрацию  $p\text{CO}_2$  или растворенного  $\text{CO}_2$  следует определять *in situ* с помощью микрооптодов (например, Wenzhöfer et al., 2001).

f) Общую концентрацию бора необходимо определять методом оптико-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой или масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

g) Общую концентрацию сульфидов необходимо определять спектрофотометрически в качестве метиленовой сини (Grasshoff et al., 1999; Haffert et al., 2013).

h) Общий растворенный углерод следует определять на основании той же пробы, что и растворенный неорганический углерод, как описано в разделе Н.

154. Поскольку морская карбонатная система ограничена измерением некоторых из ее переменных для расчета других элементов (например, Luff et al., 2001; Zeebe and Wolf-Gladrow, 2001), следует представлять информацию о распространенных факторах неопределенности, связанных с вычисленными переменными. Наиболее важным фактором пропагации неопределенности в системе морского углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) является выбор самих входных параметров неопределенности (Ort et al., 2018). Поскольку образцы легко сохраняются и измерения проводятся с низкой неопределенностью, следует брать за основу измерение суммарных переменных общей щелочности, растворенного неорганического углерода, общей концентрации бора и общей концентрации сульфида, при этом для расчета карбонатной щелочности и карбонатных элементов можно использовать и другие комбинации, такие как pH и растворенный неорганический углерод, если влиянием бора и сероводорода на общую щелочность можно пренебречь.

155. Использование сертифицированных эталонных образцов для анализа растворенного неорганического углерода и общей щелочности критически важно для оценки химического состава морской воды на протяжении времени и для точного расчета  $\text{pCO}_2$  и pH образцов морской воды. В этой связи эталонный материал для морской воды следует получать от МАФНО или Скриппсовского океанографического института. В качестве руководства для расчета стандартных отклонений в измерениях следует опираться на работу Dickson et al. (2007). Что касается неопределенности и ее пропагации, то необходимо сверяться с документами, приведенными в работе Ort et al. (2018). Те же эталоны следует использовать при указании ссылок на документацию и самой документации по дополнительным процедурам, касающимся пакетов программ для расчета переменных химического состава карбонатов (seacarb, CO2SYS для Excel, CO2SYS для MATLAB, mocsy). Кроме того, существуют пакеты программного обеспечения с открытым доступом по другим кислотно-основным системам, например боратной и сульфидной, которые влияют на pH и общую щелочность (AquaENV; Hofmann et al. 2010), и по эффектам давления (SUGAR Toolbox; Kossel et al., 2013).

156. На основании этих измерений следует рассчитывать следующее: состояния насыщения для карбонатных минералов, таких как арагонит и кальцит; силикатные минералы; компенсационная глубина карбонизации; лизоклин; скорость реакции при растворении карбонатных/силикатных минералов; реминерализация органического материала; и окисление восстановленных металлов. Окислительно-восстановительная зональность подлежит ограничению.

## **G. Измеряемая переменная: рассеянные металлы**

157. В публикации «Протоколы отбора и обработки проб для экспедиций Geotraces», также известной как Справочник Geotraces, изложены конкретные рекомендации относительно надлежащих процедур отбора, очистки и обработки проб для определения рассеянных элементов (твердых частиц и общего количества растворенных элементов) и их изотопов в морской воде, а также относительно обеспечения точности и достоверности измерений.

158. Для анализа круговорота рассеянных элементов и оценки токсичности следует определять физико-химические характеристики растворенных рассеянных металлов, а не общую концентрацию растворенных веществ. Методы определения физических размеров рассеянных металлов в общем пуле растворенных элементов (который включает коллоиды и наночастицы, а также действительно растворенные элементы) в Справочнике Geotraces не рассматриваются. Рекомендации относительно передовой практики в этой области пока не выработаны,

поэтому на этапе отбора проб следует обращаться к наиболее актуальным публикациям.

159. К потенциальным методам фракционирования морской и поровой воды по физическим размерам элементов относятся:

а) последовательная фильтрация для получения фракций разного размера:  $> 0,2$  мкм (твердые частицы),  $< 0,2$  мкм (полностью растворенные элементы),  $0,02-0,2$  мкм (неорганические коллоиды, такие как оксигидроксиды железа, глины, оксиды марганца),  $< 0,02$  мкм (растворимые элементы: мелкие органические коллоиды, действительно растворенные элементы), ацидификация неотфильтрованных проб на борту судна (для определения общей концентрации растворимых элементов);

б) ультрафильтрация с отсечением при молекулярном весе 1 кДа (где пул размером от 1 кДа до 0,2 мкм содержит все коллоиды и наночастицы, а пул размером менее 1 кДа определяется как пул действительно растворенных элементов), которая проводится на борту, если для этого имеется достаточное количество образцов, что является основным сдерживающим фактором, когда целью является проведение ультрафильтрации поровых вод.

160. Для оценки химических характеристик можно применять и другие методы, к которым относятся:

а) вольтамперометрические методы, лабораторный анализ «в домашних условиях»;

б) установление диффузионных градиентов в тонкопленочных пассивных пробоотборниках для определения концентрации лабильных металлов, отбор проб на борту, лабораторный анализ «в домашних условиях».

161. Образцы должны быть должным образом сохранены (например, посредством ацидификации сверхчистой HCl до pH  $\sim 1,8$  для анализа концентрации рассеянных металлов; см. также Справочник Geotracers) или заморожены (например, для анализа химического состава, анализа лигандов).

162. В работе Planquette and Sherrell (2012) содержится подробная информация об отборе и обработке проб для определения частиц рассеянных металлов в водной толще посредством фильтрации *in situ*, батометрической фильтрации и использования седиментационных ловушек.

163. Набор оптимальных аналитических методов для определения рассеянных металлов в морской и поровой воде может меняться по мере появления новых технологических разработок и в зависимости от наличия приборов, поэтому возможно применение различных аналитических методов. Использование соответствующих методов анализа и обработки данных должно быть обосновано необходимыми метаданными. Как правило, данные о концентрации металлов следует получать методом оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой или масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Перед проведением анализа с индуктивно-связанной плазмой образцы отложений должны быть обработаны с помощью кислотного давления или микроволнового разложения с использованием подходящих комбинаций кислот, например HF + HClO<sub>4</sub> или HF + HCl + HNO<sub>3</sub> (Paul et al., 2018, Nöthen and Kasten, 2011). Для определения рассеянных металлов в морской и поровой воде настоятельно рекомендуется использовать прибор SeaFAST для предварительной концентрации и матричной сепарации. Для обеспечения аналитической точности и достоверности наряду с образцами необходимо обработать и измерить сертифицированные эталонные материалы для рассеянных металлов и неорганических загрязнителей в твердой фазе (MESS-4, NIST-2702) и морской воде (например,

NASS-7, CASS-6, SLEW-3 и интеркалибровочные стандарты Geotracess) или, если они не существуют, материалы, отвечающие собственным стандартам (например, для поровой воды).

164. Параметры, которые подлежат измерению, — это концентрация железа, марганца, кобальта, меди, никеля, цинка, кадмия, мышьяка, свинца и ванадия. Результаты должны быть представлены в долях моля на единицу массы или объема (например, нмоль  $\text{кг}^{-1}$  или нмоль  $\text{л}^{-1}$ ). Они должны быть определены в каждой из установленных на практике размерных фракций (твердые частицы, общие растворенные элементы  $< 0,2$  мкм и наночастицы/коллоиды  $0,02\text{--}0,2$  мкм) с указанием химического состава (общая концентрация, лабильные элементы, окислительно-восстановительные процессы, комплексообразование с помощью органических лигандов).

165. На основании этих измерений необходимо определить следующее: потоки рассеянных металлов, распределение между различными физическими и химическими группами, концентрация лабильных элементов, типы и концентрация наночастиц и коллоидов, а также окислительно-восстановительная зональность в отложениях (включая пространственную и временную изменчивость).

## **Н. Измеряемая переменная: органические и неорганические вещества**

166. В рамках фоновых наблюдений следует определять количество, качество и лабильность растворенного и твердого органического материала, а также неорганического углерода в виде частиц в водной толще и на морском дне, включая их временную и пространственную изменчивость, с опорой на измерения соответствующих косвенных признаков. Наблюдения за твердыми частицами в водной толще должны охватывать органические и неорганические частицы.

167. Основное внимание при проведении фоновых наблюдений следует уделять хорошо воспроизводимым характеристикам твердых частиц неорганического углерода, частиц органического материала и растворенного органического азота в водной толще и в верхнем слое отложений толщиной в несколько дециметров, где скорость биогеохимических преобразований наиболее высока и где, согласно имеющимся на данный момент знаниям, воздействие будет наиболее выраженным. Что касается анализа отложений, то в дополнение к разрешению, указанному в разделе III.A, содержание твердого неорганического углерода и твердого органического материала необходимо измерять в более глубоких и старых слоях отложений на некоторых участках, что поможет охарактеризовать различные условия, обнаруживаемые в районе, в том числе получить информацию о продуктивности и режимах осаждения в прошлом.

168. Что касается анализа на морском дне, то распределение, количество и характеристики твердых частиц неорганического углерода и твердых частиц органического материала следует определять в субпробах из извлеченных кернов, взятых из слоев разной глубины, а растворенный органический азот следует анализировать в поровых водах, также взятых из слоев разной глубины. В верхних слоях отложений толщиной несколько дециметров пробы, необходимые для анализа, следует отбирать с помощью самых современных пробоотборников, способных брать пробы из пушистого полужидкого поверхностного слоя (например, многокамерный пробоотборник и пробоотборник толкательного действия, управляемый с ТНПА). Пробы из более глубоких пластов следует брать с помощью гравитационного или поршневого пробоотборника.

## 1. Растворенный органический материал

169. Количество растворенного органического азота определяется в виде растворенного органического углерода на основании измерений общего растворенного азота, обычно посредством каталитического окисления при высокой температуре и после удаления неорганического углерода и летучих органических веществ с помощью ацидификации и продувания инертным газом. Соотношение растворенного органического углерода к растворенному органическому азоту (рассчитанное путем вычитания суммы  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NO}_2^-$  из общего количества растворенного азота) дает первое представление о химическом составе растворенного органического азота; на этом основании следует определять общее качество растворенного органического азота (т. е. его потенциальную доступность для организмов в качестве источника пищи). Общие молекулярные свойства растворенного органического азота следует определять на основе оптического анализа окрашенного и флуоресцентного пула. Это можно сделать с помощью стандартных приборов, которые легко улавливают эмиссионные спектры возбуждений с помощью флуоресцентной спектроскопии в сочетании с измерениями на основе абсорбционной спектроскопии.

170. Примеры передовой практики в плане измерения растворенного органического углерода в водной толще изложены в публикации Dickson et al. (2007).

171. Параметры, подлежащие измерению в водной толще, — это растворенный органический углерод и растворенный азот.

172. Параметры, подлежащие измерению в поровой воде, — это растворенный органический углерод, общий растворенный азот, растворенные аминокислоты и углеводы, а также оптические характеристики растворенного органического азота (цветной растворенный органический материал, флуоресцентный растворенный органический материал).

173. Наблюдения в водной толще следует проводить для оценки влияния растворенного органического углерода на чистую продуктивность сообществ и экспорт углерода.

174. Наблюдения донных отложений следует проводить для определения количества и качества органического материала и его пространственно-временной изменчивости для целей количественной оценки и объяснения скорости реминерализации органического материала. Результаты этих наблюдений следует рассматривать в сочетании с данными о комплексообразовании и биодоступности рассеянных металлов.

## 2. Твердые частицы

175. Что касается твердых частиц, то для описания взвешенных частиц (общее количество взвешенных частиц) и перемещения твердых частиц в океане (как органических, так и неорганических фракций) существует ряд переменных. Частицы могут быть извлечены из водной толщи с помощью нескольких методов отбора проб:

- a) посредством фильтрации воды из батометров Нискина и Go-Flo;
- b) с помощью насосов *in situ*;
- c) с помощью седиментационных ловушек.

176. Каждый из этих методов пробоотбора имеет свои преимущества и недостатки. Поэтому рекомендуется применять их в комбинации. С учетом того, что методы отбора проб, основанные на фильтрации образцов воды, полученных с помощью таких устройств для отбора проб воды, как батометры Нискина и Go-

Flo, применимы только в случае относительно небольших объемов ( $< 12$  л), насосы *in situ*, способные фильтровать большие объемы воды (сотни литров в час), следует использовать для сбора больших масс частиц, поскольку это необходимо для определенных исследований (например, активности конкретных радиоизотопов). Батиметрический профиль следует определять путем присоединения нескольких насосов *in situ* к тросу (например, CTD-зонду) и их настройки на откачку воды на заданной глубине в течение двух-четырех часов. Посредством анализа частиц, полученных при фильтрации морской воды из батометров и с помощью насосов *in situ*, следует определять концентрацию, тип и количество частиц; они также пригодны для исследования рассеянных металлов. Опускаются ли частицы на дно и, если да, то как быстро (т. е. их участие в экспортном потоке), зависит от их индивидуального размера, формы и плотности. Характеристики экспортных потоков следует определять косвенным путем посредством измерения активности радиоизотопных индикаторов (см. разд. I). Кроме того, прямые измерения потоков частиц следует производить с помощью седиментационных ловушек, которые собирают опускающиеся частицы на определенной глубине в течение периода от нескольких дней до нескольких месяцев. Количество, тип и качество опускающихся твердых частиц следует оценивать непосредственно.

177. Рекомендации относительно передовых способов отбора и обработки проб для исследования твердых частиц методом фильтрации *in situ* и фильтрации воды из батометров Go-Flo на судне с особым упором на рассеянные металлы содержатся в Справочнике Geotraces и публикациях Bishop et al. (2012) и Planquette and Sherrell (2012). В Справочнике Geotraces также приводятся рекомендуемые модификации метода определения твердых частиц органического углерода и твердых частиц азота, первоначально изложенного в 19-м докладе в рамках Совместного глобального исследования океанических потоков (Кнар et al., 1996), который содержит рекомендации, касающиеся Совместного глобального исследования, и широко применяется в отношении проб малого объема твердых частиц органического углерода и твердых частиц азота (т. е.  $< 10$  л)).

178. Обзор методов сбора твердых частиц ( $> 0,2$  мкм) с помощью батометров, насосов *in situ* и седиментационных ловушек и их применения в исследовании биогеохимического круговорота приводится в публикации McDonnell et al. (2015) с подробным описанием рекомендуемых типов фильтров, протоколов отбора проб с помощью седиментационных ловушек, включая их очистку, сохранение и обработку образцов, а также погрешностей, связанных с применением седиментационных ловушек. Подробную информацию об отборе проб частиц, обработке/переработке проб и определении типов, состава и концентрации частиц, массы взвешенных частиц и потоков частиц можно получить из публикаций Lam et al. (2018), Voxhammer et al. (2018) и Huffard et al. (2020), а также почерпнуть из Руководства по наблюдению за океаном, опубликованного Японским океанографическим обществом, и протокола, касающегося отбора проб и измерения твердых частиц органического углерода, Международной координационной группы по цвету океана.

179. Обзор оптических приемов для определения характеристик морских частиц дистанционно и *in situ* без их сбора и извлечения можно найти в работе Boss et al. (2015), где рассматриваются методы оценки объемных свойств, включая массу частиц, распределение частиц по размерам и информацию о форме частиц, а также оптические свойства отдельных частиц, такие как тип и размер отдельных частиц. Кроме того, авторы анализируют технологические достижения в области визуализации и их применение для изучения морских частиц *in situ*. Более подробную информацию можно найти в публикациях Giering et al. (2020) и Huffard et al. (2020).

180. Дополнительная информация о действующих глобальных сетях наблюдений и ссылки на литературу по инновациям в области автономного наблюдения данных приводится в спецификациях по основным океаническим переменным ГСНО.

181. Параметры, подлежащие измерению в водной толще, — это частицы органического материала (частицы органического углерода, частицы органического азота, частицы органического фосфора), биогенный кремнезем, частицы неорганического углерода, общий органический углерод, общий азот, общий взвешенный материал, поток частиц органического углерода, поток карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ), поток биогенного кремнезема, литогенные частицы, оксиды и оксигидроксиды железа и марганца, концентрация частиц, наличие углерода и потребность в нем и стехиометрия частиц органического вещества (C:N:P) по Редфилду.

182. Количество и качество опускающегося на дно материала подвержено сезонным и межгодовым колебаниям, поэтому особое внимание следует уделять еженедельному или ежемесячному отбору проб для определения первичной продуктивности и ежемесячному или ежегодному изучению экспортных потоков.

183. В ходе наблюдений за органическим материалом в отложениях следует определять количество твердых частиц наряду с количеством биодоступного органического материала и его качества (т. е. свежести/лабильности). Можно применять различные подходы (см., например, Pusceddu et al., 2009; Meckler et al., 2004, и приведенные в них ссылки), но основной набор показателей должен быть неизменным на протяжении всех фоновых исследований. Информацию о количестве биодоступного органического материала следует получать путем измерения общего органического углерода и общего азота (обычно с помощью анализатора элементов после удаления неорганического углерода путем ацидификации). Соотношение общего органического углерода и общего азота (соотношение C:N) дает первое представление о качестве частиц органического материала. Более предметную оценку качества органического материала следует проводить посредством измерения эквивалентов хлоропластных пигментов, включая хлорофилл-а и продукты его распада; с помощью простого флуориметрического анализа; посредством высокоэффективной жидкостной хроматографии; или посредством измерения биополимерного углерода, включая гидролизуемые углеводы, белки и липиды (с использованием мокрого химического анализа). Свежесть частиц органического материала следует определять на основании соотношения хлорофилла-а и эквивалентов хлоропластных пигментов (или хлорного индекса, что аналогично) или посредством анализа специфического состава классов биомолекул (например, соотношение гидролизуемых и общих углеводов, белков и липидов; индекс деградации на основе аминокислотного состава; или показатели жирной кислоты с различными уровнями насыщения).

184. Одновременно с измерением общего органического углерода и общего азота с помощью анализатора элементов CNS следует измерять частицы неорганического углерода. Информация о неорганическом углероде в виде частиц часто представляется в виде сведений о содержании карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) в процентных долях веса образца сухого осадка.

185. Ожидается, что распределение частиц органического материала будет неоднородным, особенно у верхнего слоя отложений. Из-за их низкой плотности осаждение частиц органического материала на морское дно обычно зависит от мелкомасштабных закономерностей течений и морфологии морского дна, что приводит к неравномерному распределению и локальным скоплениям, например в небольших впадинах. Для принятия решения о необходимом количестве



повторных проб и надлежащем разрешении измерений следует опираться на соответствующие статистические методы. Информацию следует представлять вместе с первичными данными. Количество повторных проб никогда не должно быть меньше трех кернов на каждый участок и пробоотборную кампанию. Для получения приближенно-количественной информации о пространственной и временной изменчивости объема, постоянных запасов и параметров переработки свежих частиц органического материала на морском дне (приближенно-количественные наблюдения за распределением зеленоватого фитодетрита на цветных снимках, количественные наблюдения за хлоропластовым пигментом с помощью флуоресцентной визуализации или гиперспектральных методов) следует, по возможности, прибегать к съемке морского дна (кабельные системы для получения изображений, АНПА) или исследованиям во временной последовательности (системы с задействованием донных модулей, бентические краулеры).

186. На основании измерений твердых частиц в водной толще следует делать выводы относительно первичной продуктивности, закисления океана, экспортных потоков, запасах углерода и постепенном сокращении количества органического вещества в водной толще. По фракции неорганических частиц (твердый неорганический углерод, биогенный кремнезем) следует определять основное происхождение биомассы (т. е. кальцифицирующие или силикатизирующие организмы), а также количество балласта твердого органического углерода, который является основным фактором экспорта твердого органического углерода из эвфотической зоны (Klaas and Archer, 2002). Что касается отложений, то наблюдения следует вести для количественного определения постоянного запаса и оборота бентического углерода и оценки его доступности для реминерализации бентическими сообществами. Эта информация должна быть объединена с результатами наблюдений за экспортными потоками органических и неорганических частиц, поглощением кислорода, карбонатной системой, питательными веществами и рассеянными металлами с помощью транспортно-реакционного моделирования для количественной оценки бентического биогеохимического круговорота органического материала, питательных веществ и рассеянных элементов.

## **I. Измеряемая переменная: радиоизотопные (радиоактивные) индикаторы**

187. Для отбора, обработки и анализа проб на присутствие долгоживущих и короткоживущих радионуклидов в морской воде (например,  $^{230}\text{Th}$  и  $^{210}\text{Pb}$  соответственно), взвешенных частицах седиментационного шлейфа и отложениях следует придерживаться подробных рекомендаций, изложенных в Справочнике Geotraces. Параметры, подлежащие измерению, — это растворенные, коллоидные и твердые  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{231}\text{Pa}$ ,  $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{227}\text{Ac}$  и общее альфа-излучение.

188. Для определения активности короткоживущих радионуклидов (например,  $^{210}\text{Pb}$ ) в отложениях:

а) несколько граммов образцов высушенного, гомогенизированного осадка следует герметично закрыть в газонепроницаемом контейнере и оставить по крайней мере на несколько недель, чтобы убедиться, что радиоизотопы находятся в вековом равновесии (т. е. есть постоянная радиоизотопная активность, поскольку скорость производства равна скорости распада).

b) Общую активность  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{226}\text{Ra}$  следует определять непосредственно с помощью гамма-спектрометрии (детектор на основе сверхчистого германия (германий с широким энергетическим спектром)).

c) Кроме того, общая активность  $^{210}\text{Pb}$  может быть измерена косвенно с помощью альфа-спектрометрии (пассивированный имплантированный планарный кремниевый детектор (детектор PIPS) через его «внучатый» изотоп  $^{210}\text{Po}$ .

d) Внешняя калибровка должна проводиться с использованием сертифицированного эталонного материала, такого как IAEA-RGU-1 (урановая руда).

189. Активность долгоживущего радионуклида в отложениях ( $^{230}\text{Th}$  и  $^{231}\text{Pa}$ ) и частицах, а также в толще воды (серия Ra) должна определяться с помощью:

a) гамма-спектрометрии (Yokoyama and Nguyen, 1980);

b) альфа-спектрометрии (Lao et al., 1992);

c) масс-спектрометрии (Geibert et al., 2019).

d) Для анализа осадков и частиц в качестве сертифицированного эталонного материала следует использовать IAEA-385 (отложения Ирландского моря) (Pham et al., 2008).

e) Для анализа водной толщи в качестве сертифицированного эталонного материала можно использовать IAEA-443 (вода Ирландского моря) (Pham et al. 2011).

190. Вместо определения общего альфа-излучения можно произвести измерение  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{231}\text{Pa}$  по отдельности, а затем рассчитать ожидаемое общее альфа-излучение на основе равновесия с соответствующими дочерними изотопами.

191. Активность должна быть представлена как общая активность, активность растворенных элементов и активность частиц, в дпм/г или Бк  $\text{kg}^{-1}$ . Вся активность радиоизотопов (за исключением их соотношений) должна быть скорректирована с учетом воздействия соли поровой воды во время анализа (Kuhn, 2013; Geibert et al., 2019), и точная процедура и корректировки должны быть задокументированы.

192. На основании этих измерений следует определять следующее: концентрация и активность, дефицит  $^{230}\text{Th}$ , потоки радионуклидов, потоки опускающихся элементов и скорость седиментации. В отложениях также следует определять глубину биотурбации, активность биотурбации, режим биотурбации (т. е. диффузионное или нелокальное перемешивание), уровень радиации и реакции поровой воды с минералами (например, растворение/осаждение карбонатов).

193. Для анализа данных можно использовать числовые транспортно-реакционные модели или аналитические решения. Например, моделирование постоянной начальной концентрации представляет собой простой подход для расчета скорости седиментации в отношении глубоководных отложений. На основании средней активности  $^{230}\text{Th}$  или  $^{231}\text{Pa}$  в биотурбированном слое ненарушенного осадка (в котором не наблюдается значительной тенденции к превышению  $^{230}\text{Th}$  или  $^{231}\text{Pa}$  по глубине) определяется глубина, на которой активность снизилась до половины этого уровня. Разница между значениями этой глубины и дна биотурбированного слоя, поделенная на величину рассматриваемого периода полураспада, является приблизительным значением скорости седиментации в этом месте.

## **Ж. Качество данных**

### **1. Химическая океанография**

194. В рамках пяти программ, которые работают с океанографическими данными и в число которых входят «Альянс по прибрежным технологиям», проект AtlantOS, Комплексная система морских наблюдений, Совместная техническая комиссия по океанографической и морской метеорологии и проект по обеспечению и контролю качества океанографических данных в режиме реального времени Комплексной системы океанических наблюдений Соединенных Штатов, был опубликован совместный обзор существующих передовых методов обеспечения качества (Bushnell et al., 2019), в котором излагаются подробные сведения о ведении учета в целях обеспечения качества, контрольных списках, рекомендациях по техническому обслуживанию и способах уменьшения неопределенности измерений, а также общие рекомендации по обеспечению качества океанографических данных. Кроме того, в этом обзоре указано, что средством разработки, обмена, документирования и курирования более конкретных процессов обеспечения качества является недавно созданная Система передовой практики по вопросам океана.

195. В химической океанографии факторы неопределенности, связанные с процессом отбора проб, обработкой проб и аналитическими измерениями, влияют на значения данных, полученных из проб воды. Эти факторы неопределенности можно сократить, увеличив количество наблюдений. Их необходимо отличать от факторов неопределенности другого вида, а именно неопределенности или изменчивости значения данных для сходных условий среды в пространстве и времени, которая возникает в результате повторного отбора проб или регистрации данных (например, отбор проб в одном и том же месте в три разных года в одно и то же время или отбор трех проб в сходных, но не идентичных точках в радиусе примерно 10 км). Высокая аналитическая точность (т. е. тщательность и достоверность) помогает различать источники неопределенности.

196. В отношении рассеянных металлов в Справочнике Geotraces указано, что следует измерять две категории репликатов: полевые репликаты и аналитические репликаты. Аналитическая репликация — это повторный анализ одного и того же образца. Это мера наибольшей точности, возможной для конкретного анализа. Полевая репликация — это анализ двух или более проб, взятых из одного баллона для отбора проб. Она имеет дополнительный компонент дисперсии, обусловленный наличием субпроб, особенностями хранения и естественной изменчивостью в пределах образца. Дисперсия полевых и аналитических репликатов должна быть одинаковой, если отбор проб и хранение не влияют на анализ (при том предположении, что анализируемое вещество однородно распределено в баллоне для отбора проб).

### **2. Биогеохимия**

197. Количество повторных проб или наблюдений, необходимое для надлежащего описания биогеохимических фоновых условий в различных физиографических единицах (см. разд. III.A), зависит не только от существующей естественной изменчивости, но и от относительных изменений в результате добычной деятельности, которые необходимо определить. Для оценки необходимого объема работы по отбору проб для обнаружения изменения на определенном уровне и с определенной статистической мощностью следует применять надлежащие статистические инструменты, такие как анализ мощности (Sweetman et al., 2019). Расчетный уровень изменений, который необходимо определить по конкретным переменным, зависит в основном от масштаба изменений, обычно

связанных с воздействием добычной деятельности, а также от способности переменной служить индикатором состояния экосистемы, ее ухудшения и восстановления. Как правило, выбранная репликация должна позволять выявлять отклонения менее чем на 30 процентов по сравнению с фоновыми показателями при статистической мощности не менее 0,95 (Ardrón et al., 2019). Статистические данные об уровне изменений, которые могут быть обнаружены для отдельных переменных, следует представлять вместе с фоновыми данными.

198. Для принятия решения о первоначальном объеме работ по отбору проб следует собрать имеющуюся информацию о естественной изменчивости, принимая во внимание, что повторных выборок всегда должно быть как минимум три. Количество требуемых репликатов для разных переменных необходимо регулярно пересматривать по мере получения дополнительной информации о естественной изменчивости и значимости соответствующих переменных по итогам фоновых наблюдений, анализа воздействия и комплексного моделирования исходных условий и изменений.

## **К. Распоряжение данными**

199. В технических документах Международной программы океанографических открытий и предшествовавшей ей Комплексной программы океанического бурения содержатся подробные сведения о данных, о распоряжении образцами и об их хранении (а также об отборе и анализе проб для биогеохимических и геологических исследований), которым рекомендуется следовать.

200. Для документирования того, были ли отбор и анализ проб проведены надлежащим образом, и для обеспечения возможности проследить происхождение предоставленных данных, необходимы метаданные. Они должны быть предусмотрены для всех химических переменных. Метаданные, связанные с отбором и документированием проб, а также полученные благодаря этому данные должны соответствовать руководящим принципам, установленным Международным центром сбора данных Geotraces ([www.bodc.ac.uk/geotraces/](http://www.bodc.ac.uk/geotraces/)), ИКЕС и Рабочей группой по управлению морскими данными. Более подробная информация и протоколы, касающиеся метаданных, приведены в руководстве по передовой практике в области управления данными, составленном Управлением по управлению данными по биологической и химической океанографии на основе опыта, накопленного в рамках таких программ океанографических исследований, как «Динамика глобальных океанических экосистем» («Глобэк») и Совместное глобальное исследование океанических потоков. Оно представляет собой сборник рекомендаций по передовой практике в сфере управления данными, полученными в ходе исследовательских экспедиций. Руководство можно загрузить со страницы <http://bco-dmo.org/resources>. Дополнительные рекомендации по управлению данными и метаданными можно найти в хранилище Системы передовой практики по вопросам океана и в материалах сообщества по программе «Арго».

## **VI. Геологические свойства**

### **А. Введение**

201. В сочетании с биогеохимическими параметрами (см. разд. V) изучение геологических свойств позволяет установить характеристики местообитаний и определить неоднородные особенности морского дна и среды под морским дном (батиметрия и геоморфология, геологические условия, отложения и

стратиграфия, диагенез, разрушение под природным воздействием и ремобилизация, геохимия и минералогия скального субстрата, геохимия и минералогия минеральных ресурсов), а также облегчает выбор подходящих мест для отбора проб в целях выявления характеристик распределения и состава фауновых сообществ.

202. Основу геологического фона составляют следующие переменные:

а) батиметрия — используется для картирования крупно- и мелкомасштабных морфологических особенностей морского дна, может использоваться для планирования других видов пробоотбора;

б) изучение свойств отложений и классификация местообитаний — важны для определения характеристик бентических местообитаний; кроме того, изучение свойств должно служить для количественной оценки деформации и изменения физических свойств донных отложений во время работы добычного оборудования, а также для проектирования добычных систем.

203. Свойства ресурсов имеют большое значение для описания характеристик местообитаний. Они являются основным объектом любой разведочной деятельности в Районе. Некоторые сведения о характеристиках ресурсов могут содержать информацию, представляющую коммерческий интерес, и быть предметом положений о конфиденциальности в соответствии с контрактами с Органом. Тем не менее оценка информации, необходимой для установления экологического фона, должна быть представлена.

## **В. Общая методология**

204. Данные и информация о геологии и морфологии глубоководных районов дна могут собираться следующими методами:

а) многолучевое эхолотирование (с помощью установленных на корпусе устройств и/или систем, буксируемых ТНПА или АНПА);

б) профилирование гидролокатором бокового обзора (с помощью устройств, буксируемых судном, ТНПА или АНПА, или другими способами);

с) профилирование поддонного слоя (например, с помощью системы Chirp);

д) фотография и видеозапись с помощью телегейфера, салазок, ТНПА, АНПА или батискафов.

205. Существуют самые разные методологические подходы к проведению геологических исследований и получению точных и высококачественных данных о геологических переменных; применять следует любой из общепринятых видов практики.

206. Образцы отложений для анализа в верхнем слое толщиной несколько дециметров следует получать с помощью многокамерного пробоотборника, пробоотборника толкательного действия, управляемого с ТНПА, или аналогичного надежного оборудования, а в более глубоких слоях — с помощью гравитационного пробоотборника.

207. Конкретные методы отбора проб отложений и проведения батиметрических исследований изложены в публикациях Международной программы океанографических открытий (ранее — Комплексная программа океанического бурения, 2003–2013 годы) и в материалах в хранилище Системы передовой практики по вопросам океана (<https://repository.oceanbestpractices.org>).

208. Стандарты проведения гидрографической съемки публикуются Международной гидрографической организацией (International Hydrographic Organization, 2020) и должны учитываться.

### **С. Разрешение выборки**

209. Разрешение выборки зависит от того, будет ли информация использоваться для крупномасштабной оценки ресурсов или для локального картирования местообитаний; разрешение должно быть скорректировано в соответствии с целью исследования. Для крупномасштабных съемок всего разведочного района следует составлять батиметрические карты и карты обратного рассеяния с разрешением более 80–100 м. На участках, где проводятся другие дискретные операции по отбору проб или где условия указывают на более высокую изменчивость, или на участках, в отношении которых прогнозируется косвенное воздействие добычных работ (седиментационные и сбросные шлейфы), следует проводить отбор проб с более высоким разрешением.

### **Д. Измеряемая переменная: батиметрия**

210. Что касается картирования морского дна, то для получения данных с высоким пространственным разрешением о физическом состоянии местообитаний морского дна следует использовать следующие методы: многолучевая батиметрия, картирование методом обратного рассеяния, гидролокация бокового обзора или гидролокация с синтезированной апертурой с использованием судовых устройств или устройств, буксируемых на большой глубине ТНПА или АНПА.

211. Для получения надежных и последовательных батиметрических данных и данных обратного рассеяния оборудование должно быть соответствующим образом откалибровано (Lamarche and Lurton, 2018). Рекомендуется обеспечивать постоянство условий съемки и задавать конкретные параметры исследований методом обратного рассеяния; они должны быть сопоставимы вне зависимости от того, на каком лицензионном участке и каким подрядчиком они используются. Стандарты гидрографических съемок приводятся в публикациях Международной гидрографической организации (например, International Hydrographic Organization, 2020). Кроме того, ссылки на публикации по стандартизации названий подводных объектов доступны на сайтах <https://iho.int/en/bathymetric-publications>. и [www.gebco.net](http://www.gebco.net).

### **Е. Измеряемая переменная: свойства отложений**

212. Для описания свойств отложений необходимо изучать их минералогию и литокласты, распределение частиц по размерам, пористость и общую стратиграфию. Литология касается физических характеристик горной породы. Седиментология изучает происхождение, перенос, осаждение и диагенетические изменения материалов, составляющих отложения и осадочные породы. Стратиграфия — это исследование того, как осадочные породы формируются и распределяются на протяжении времени. Для отбора керновых проб в верхнем слое отложений толщиной 30 см следует применять пробоотборник толкательного действия или многокамерный пробоотборник, в верхнем слое толщиной 50 см — коробчатый пробоотборник и на глубине нескольких метров — гравитационный пробоотборник.

213. Физические океанографические явления, а также добыча полезных ископаемых могут приводить к образованию осадочных структур на глубоководных участках морского дна. Осадочные структуры морского дна необходимо выявлять и картировать с помощью оптической визуализации. Оптические изображения, полученные с помощью различных платформ, включая ТНПА, АНПА и буксируемые или опускаемые камеры, позволяют получить количественную или качественную характеристику геологических, седиментологических (волнообразные неровности, следы и формы, связанные с придонными течениями) и биологических элементов или закономерностей и их взаимосвязей. Следует описывать скорость и глубину биотурбации и типы структур. Для визуализации сложных или более крупных участков морского дна следует применять «мозаичные» методы, основанные на геоинформационной системе (García et al., 2015), с указанием процента перекрытия.

214. Керновые пробы должны обрабатываться и храниться таким образом, чтобы максимально эффективно использоваться для научных исследований, в соответствии с передовыми методами транспортировки, отбора и хранения образцов (Basu et al., 2020).

215. Важнейшим физическим свойством отложений является размер частиц. Он связан с динамическими условиями морской среды и важен для интерпретации ее устойчивости под нагрузкой. Повысить эффективность и точность определения размера частиц можно благодаря внедрению автоматизированных методов измерения (Jaijel et al., 2021). По данным Jaijel et al. (2021), типичный современный лазерный дифракционный спектрометр имеет диапазон размеров до 2000 мкм, что охватывает подавляющее большинство мягких донных отложений Мирового океана. Гранулометрический состав основной массы отложений следует определять по стандартной методологии с соответствующей обработкой (Jaijel et al., 2021, и содержащиеся там ссылки).

216. Седиментологические характеристики следует определять путем изучения образцов под лупой (неконсолидированные отложения) и петрографическим микроскопом (мазки, тонкие срезы) (например, Marsaglia et al., 2013, 2015a and 2015b). Минералогический состав следует определять качественно и количественно. Имеется несколько методов и комбинаций методов, включая детальную минералогию, электронно-микронзондовый минералогический анализ, рентгеновскую дифракцию и/или автоматизированную количественную минералогию на основании процессов высвобождения минералов и методы количественной сканирующей электронной микроскопии. Их следует использовать для количественного модального анализа и виртуальной петрографии. Кроме того, необходимо провести количественные измерения посредством анализа методом Ритвельда, в частности для получения полного представления о характеристиках поверхности морского дна в будущих добычных районах и определения глинистой фракции (частицы размером < 2 мкм) для моделирования потенциального экологического вреда, наносимого шлейфами.

217. Химический состав отложений следует анализировать в лаборатории, оснащенной качественными системами, отвечающими международным стандартам, в том числе с помощью рентгеновской флуоресценции, масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и оптической спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (см. разд. V).

218. Подробную информацию о процедурах визуального описания кернов, оборудовании для проведения анализа и отборе проб отложений, подготовке образцов и общих аналитических средствах и методах можно найти в работах Przeslawski et al. (2018), Simpson and Batley (2016), Marsaglia et al. (2013, 2015a and 2015b), Rothwell and Rack (2006), Mazzullo et al. (1988) и других ресурсах,

размещенных на сайтах <https://repository.oceanbestpractices.org/> и **Error! Hyperlink reference not valid..**

219. Измерению подлежат следующие параметры:

а) залегание отложений: толщина и направление (ориентация или угол) напластований, контакты напластований (например, градационные, резкие и прорезанные), осадочные структуры (например, слоистые напластования, ступенчатые напластования, поперечные напластования, трещины или микро-разломы, структуры вытекания жидкости и биотурбация), цвет отложений (определяемый, например, с помощью таблицы цветов почвы Манселла для целей классификации);

б) состав отложений: текстура (песок, ил, глина), минеральный состав, фоссильный состав, содержание элементов, конкреции, биогенный материал, идентификация макроскопических биогенных и небигенных компонентов;

с) ранний диагенез: степень диагенеза, литификации или цементации (наличие кремнистого или известкового цемента);

д) физико-механические свойства: удельный вес, насыпная плотность, пористость отложений, насыщенность жидкостью, сдвиговая прочность и размер частиц;

е) окислительно-восстановительный статус: глубина, на которой условия в отложениях меняются с окисных на субокисные.

220. Собранную информацию следует использовать для определения характеристик субстрата морского дна и геоморфологических особенностей, что позволит получить детальное представление о состоянии заявочных участков до начала добычи.

## **Ф. Классификация местообитаний**

221. Для содействия прочим усилиям по отбору проб качественные описания основных геоморфологических особенностей, классификации местообитаний и небигенных нарушений в результате отбора кернов должны отражаться на картах, составленных в масштабе, соответствующем вариативности ресурсов и местообитаний, с использованием терминологии для стандартизации названий подводных объектов, разработанной Международной гидрографической организацией (2019).

## **Г. Качество данных**

222. Подробная информация об обеспечении качества океанографических наблюдений, включая стандарты и руководства, приведена, в частности, в работе Bushnell et al. (2019). Вся методология подлежит проверке в соответствии с планами обеспечения качества (Simpson and Batley, 2016). Рекомендации относительно контроля качества гидрографических съемок и руководящие указания по обработке данных размещены на странице <https://iho.int/en/standards-and-specifications>.



## Н. Распоряжение данными

223. Набор репрезентативных проб отложений морского дна, собранных до начала добычи, и соответствующие метаданные должны быть размещены в надлежащем хранилище для последующего сравнения и дополнительного тестирования, если оно потребуется.

224. Все наблюдения должны быть записаны в рабочей таблице в соответствии с общепринятыми форматами данных. Они должны сопровождаться высококачественными фотографиями крупным планом с указанием масштаба.

225. Шаблон документа по передовой практике в области управления данными можно найти в Системе передовой практики по вопросам океана (2020). Этот шаблон также можно загрузить со страницы <https://repository.oceanbestpractices.org/handle/11329/1245>.

## VII. Биологические сообщества

### А. Введение

226. Экологический фон в отношении биологических сообществ должен включать в себя пространственные и временные данные о пелагических и бентических сообществах и их экосистемных функциях, а также информацию о морских млекопитающих, птицах, черепахах и рыбах и о больших скоплениях поверхностного nekтона и планктона. Собранные данные будут отличаться разнообразием и должны быть достаточно обширными, чтобы можно было оценить потенциальное воздействие добычи на морское дно и водную толщу.

227. Для установления характеристик биологических сообществ необходимо изучить следующие переменные.

а) Пелагические сообщества. Пелагическая система включает в себя всю водную толщу от поверхности моря до морского дна. Пелагические организмы варьируются от бактерий до китов. Большие массы воды и организмы в ней могут перемещаться от одного потенциального участка добычи до другого, поэтому отбор проб должен вестись не только в зоне непосредственного воздействия добычных работ и охватывать всю воду и организмы, попадающие в зону воздействия добычных работ, потенциально контактирующие с ней какое-то время и покидающие ее.

б) Бентические сообщества. Бентос — это взрослая биота, живущая в отложениях или на поверхности отложений и близи морского дна. Бентические организмы варьируются от бактерий и протистов до многоклеточных. Добычные работы оказывают на них прямое воздействие, уничтожая или нарушая их среду обитания, а также косвенное воздействие, выражающееся в повышенной мутности и перераспределении отложений.

в) Связность. Для оценки перспектив восстановления после возмущения среды большое значение имеет понимание генетического разнообразия, биогеографических особенностей, моделей молекулярной связности, ограничений, обусловленных характером местообитаний, эндемичности и круговорота.

г) Функционирование экосистемы. Знание принципов функционирования экосистемы необходимо для понимания того, как мелкомасштабные возмущения могут привести к изменениям в структуре пищевой сети и круговороте органических веществ в местном бентическом сообществе.

е) Экотоксикология. Металлы и другие загрязняющие вещества, высвобождаемые в ходе добычных работ, могут оказывать влияние на физиологию организмов, поэтому важно понимать их потенциальную токсичность.

ф) Морские млекопитающие, акулы, черепахи и поверхностный нектон. Важно документировать присутствие различных видов в общем контрактном районе, в частности присутствие уязвимых, охраняемых или находящихся под угрозой исчезновения видов, поскольку их сезонные маршруты миграции могут проходить через этот район. Следует рассмотреть возможность проведения оценки их восприимчивости к шуму и определенным звуковым частотам, глубины, на которой они могут встречаться, и воздействия, которое может оказать на них свет и будущие добычные работы.

g) Морские птицы. Морские птицы являются одной из наиболее уязвимых категорий птиц во всем мире. Морские сооружения влияют на их поведение. Птицы являются хорошими показателями общего состояния экосистемы, поскольку биоаккумулируют тяжелые металлы и токсичные вещества.

## **В. Общая методология**

228. Для учета сезонной изменчивости биологических параметров необходимо вести отбор проб на протяжении времени. К этим параметрам относятся, в частности, концентрация металлов и других загрязняющих веществ в тканях, и они используются в экотоксикологических исследованиях. Еще одним фактором, который необходимо принимать во внимание, являются особенности жизненного цикла, такие как характер миграции пелагических видов, которые могут пересекать контрактные или эталонные районы.

229. Для документирования регионального разнообразия и параметров связности может потребоваться сравнение образцов, собранных в ходе операций в различных пространственных масштабах, например на отрезках протяженностью от десятков до тысяч километров. Для целей такого сравнения в ходе установления фоновых параметров может потребоваться отбор на удаленных участках, или же сравнение может проводиться с данными из третьих источников.

230. Таксономическая идентификация должна проводиться с максимально возможным разрешением. Для содействия идентификации следует использовать молекулярные образцы таксономических единиц.

## **С. Разрешение выборки**

### **1. Отбор проб в пелагической зоне**

231. В пелагиали биологические сообщества распределяются по следующим зонам в зависимости от глубины: фотическая зона, в которой присутствует достаточно света для фотосинтеза фитопланктона (0–200 м); мезопелагическая (или сумеречная) зона, в которой преобладают животные, обитающие в глубоководных рассеивающих слоях (200–1000 м); и батипелагическая (глубоководная) зона, к которой относятся особые организмы, обитающие в темных океанических глубинах (> 1000 м). В пределах этих глубинных зон можно выделить более тонкие слои. При этом горизонтальное распределение может быть довольно однородным на протяжении сотен километров и прерываться переходными зонами океанических фронтов или вихревых систем. Более подробная информация об отборе проб и анализе микроорганизмов в пелагической зоне приведена в нижеследующем подразделе 5, посвященном микробиоте.

232. Пробы следует отбирать в пределах вертикальных страт в каждом биоме. Вместо взятия конкретных точечных проб, упомянутых в разделе III.A, профилирование по глубине должно охватывать зоны от поверхности до 50 м; от 50 до 100 м; от 100 до 200 м; от 200 до 500 м; от 500 до 1000 м; и от 1 000 м до 10 м над морским дном.

233. В частности, на глубине ниже 1000 м, то есть за пределами диапазона действия судовых гидролокаторов, помимо сетей для отбора проб можно задействовать системы визуализации. К ним относятся подводные видеопрофилографы, которые опускаются на тросе для производства вертикального профилирования, батискафы, используемые для наклонного профилирования, как описано в работе Robison et al. (2013), и различные другие системы, используемые для профилирования биолюминесценции, как описано в работе Neger et al. (2008). Важную роль в таких глубоководных исследованиях, вероятно, будут играть ТНПА и АНПА.

## 2. Отбор проб в бентической зоне

234. Отбор проб в бентической зоне должен охватывать различные классы размеров, разные субстраты (включая отложения и конкреции), биогеохимические параметры (см. разд. V), функционирование экосистемы и генетические особенности. Подробная информация о конкретных переменных представлена в разделах ниже.

235. При эксплуатации пробоотборников и обработке проб на борту следует придерживаться передовых методов, некоторые из которых приведены ниже.

а) Оборудование для отбора проб отложений необходимо опускать на морское дно осторожно, чтобы минимизировать эффект носовой волны (погружение с боковой стенки судна, низкая скорость разматывания троса, использование телеметрии).

б) Брусковые керны для изучения макрофауны не должны делиться на субпробы. Субпробы из одного брускового керна, а также отдельные керны, взятые в ходе единого задействования многокамерного пробоотборника, являются псевдорепликатами и не должны рассматриваться как подлинные репликаты (см. разд. III.A).

с) Пробы и образцы должны храниться при как можно более низкой температуре для сохранения качества ДНК (просеивание образца в холодном помещении, сортировка на льду и желательно на борту, сохранение образцов и остатков материала на сите в холодном этаноле, поддержание холодильного режима во время транспортировки и хранения образцов).

236. Необходимое количество образцов следует определять с помощью анализа мощности (Jumars, 1981) и кривых разрежения на основании разведочного пробоотбора. В отношении макрофауны разведочный пробоотбор должен включать от пяти до десяти кернов на каждую физиографическую единицу. Предыдущие исследования показали, что для получения адекватных фоновых показателей для статистического сравнения численности макрофауны в физиографической единице до и после добычи необходимо получать не менее 20 полноценных брусковых кернов, а желательно более 30. Фактическое количество следует определять на основе анализа мощности и кривых разрежения, характерных для конкретной области исследования. В отношении мегафауны анализ мощности позволяет оптимизировать принципы пробоотбора. Трансекты должны быть спланированы таким образом, чтобы в каждой трансекте обнаруживалось более 500 отдельных организмов; количество трансект должно составлять не менее пяти (Simon-Lledo et al. 2019).

237. Стратегии пробоотбора должны быть ориентированы на физиографические единицы, которые будут непосредственно затронуты добычей (например, равнины с плотным залеганием конкреций), физиографические единицы, которые могут быть затронуты вторичным воздействием с учетом других переменных (например, районы возможного оседания шлейфов), и пригодные эталонные участки.

#### **D. Измеряемая переменная: пелагические сообщества**

238. Вертикальную структуру водной толщи следует описывать с помощью акустического эхолотирования с использованием судовой системы (Simrad EK60 или эквивалентной системы), работающей на нескольких частотах (18, 38, 70, 120 и 200 кГц) и проходящей калибровку перед началом каждого рейса. Для оценки общего биообъема или биомассы трансекты следует исследовать как днем, так и ночью, например 10 линейных трансект в каждой точке, каждая длиной 8 морских миль при движении судна со скоростью 8 узлов (Cox et al., 2013). Данные должны быть обработаны для оценки биомассы в качестве функции глубины и общей интегрированной биомассы от поверхности до глубины 1000 м (Irigoién et al., 2014). Звукорассеивающие слои необходимо идентифицировать и классифицировать посредством многочастотного анализа в целях обнаружения рыб, кальмаров и ракообразных (Benoit-Bird et al. 2017). Акустическое эхолотирование с использованием Simrad EK60 или эквивалентного прибора следует продолжать в течение как минимум трех 24-часовых циклов для количественной оценки дневной вертикальной миграции, как описано в работе Klevjer et al. (2016).

239. По возможности следует опираться на контрольные ориентиры за прошлые периоды, которые можно установить путем изучения глобальных данных о рассеянии звука, имеющихся в различных архивах, таких как мировые центры данных по океанографии и национальные центры данных, а также в глобальных массивах данных, таких как массив данных по мезопелагической биогеографии (Proud et al., 2017).

240. Ниже перечислены компоненты пелагических сообществ и соответствующая методология отбора проб по каждому из них.

а) Фитопланктон. Параметры первичной продуктивности (хлорофилл-а) должны быть определены в отношении всего участка пробоотбора с помощью спутниковой спектрозональной съемки (AVHRR, SeaWiFS, MERIS и MODIS). Отбор проб необходим для калибровки оборудования и подтверждения оценочных результатов первичной продуктивности, установленных с помощью спутников. Для определения естественной пространственной и временной изменчивости необходим повторный отбор проб. Пробы воды, собранные с помощью батометров Нискина на CTD-устройстве, являются источником данных о фитопланктоне на различных глубинах.

б) Зоопланктон (меро- и голо-). Пробы зоопланктона в целях получения контрольных образцов для идентификации и секвенирования ДНК следует отбирать с помощью сетей, проводя отдельный отбор проб по каждому размерному классу. Виды макро- и мезозоопланктона можно классифицировать и подвергать количественной оценке с помощью видео высокой четкости, активной акустической визуализации (т. е. многолучевых камер), фотоумножителей (для измерения биолюминесценции), средств визуализации высокой четкости и акустической визуализации, а также биоакустических сонаров. Для определения состава сообщества важно рассчитать распределение видов и структуру сообщества в каждой зоне отбора проб и суммировать данные по всему району с

помощью визуализации высокой четкости и акустической визуализации. Дополнительные данные могут быть получены на основании средовой ДНК (полученной с помощью оборудования для секвенирования ДНК *in situ*) (Danovaro et al. 2020) следующим образом.

i) Зоопланктон. Пробы зоопланктона для оценки и извлечения контрольных образцов для идентификации и секвенирования ДНК следует отбирать с помощью сетей, оптических инструментов (например, подводных видеопрофилографов) и АНПА/ТНПА, проводя отдельный отбор проб по каждому размерному классу. Размер ячейки сети, используемой для отбора проб, должен быть менее 1 мм; в более глубоких водах следует использовать сети Бонго или планктонные насосы и/или многократно открывающиеся и закрывающиеся сети, позволяющие брать пробы на разной глубине во время одного прохода буксируемого оборудования (см. [ISBA/25/LTC/6/Rev.1](#) и [ISBA/25/LTC/6/Rev.1/Corr.1](#)). Сети должны быть оснащены расходомерами для измерения объема отобранных проб, а также датчиками глубины и температуры. Пробы следует отбирать в диапазоне от 100 м над морским дном до поверхности, причем с каждой пробоотборной станции необходимо производить не менее двух заходов.

ii) Мезопелагический нектон. В данном случае следует использовать более крупную сеть, например сеть для макрозоопланктона или «сеть для криля», которая описана в работе Wenneck et al. (2008) и представляет собой пелагический трал, пригодный для отлова репрезентативных образцов рыб, ракообразных и других организмов рассеивающего слоя в слоях разной глубины. Трал имеет пять кутков, каждый из которых оснащен семилитровым контейнером. Можно также использовать более крупные версии системы MOCNESS. Пробы следует отбирать в диапазоне от 100 м над морским дном до поверхности, осуществляя горизонтальные заходы на глубине каждого рассеивающего слоя и одновременно ведя наблюдения с помощью эхолота для правильного определения траектории. Обработка проб описана в работе Cook et al. (2013). При отборе проб в слое от поверхности до 200 м рекомендуется использовать одну сеть с кутком с размером ячеек 350 мкм и одну сеть с кутком с размером ячеек 200 мкм. Что касается систем многократно открывающихся и закрывающихся тралов, то размер ячеек сети может варьироваться от 64 мкм до 3 мм в зависимости от цели исследования и изучаемых организмов.

iii) Студенистый зоопланктон. Студенистый зоопланктон составляет значительную часть биомассы планктона. Он разнообразен и в изобилии представлен в разных слоях: от эпипелагического до абиссально-пелагического, включая пограничный бентический слой. Наиболее эффективными средствами для исследования студенистого зоопланктона являются оптические инструменты (например, подводные видеопрофилографы) или АНПА/ТНПА для исследования трансект. Устройства следует располагать на тех же интервалах по глубине, что и буксируемые сети, по всей толще воды.

iv) Бентопелагический планктон. Пробоотбор в придонном слое может осуществляться планктонными сетями, однако для снижения риска повреждения в результате контакта с морским дном сети необходимо оснащать точными пингерными системами, глубиномерами или альтиметрами. Также в этом слое пробы могут браться с помощью планктонных сеток, прикрепленных к салазкам, которые буксируются по морскому дну (например, салазки Бренке). Количественные образцы зоопланктона можно собирать с помощью планктонных насосов, заякоренных у морского дна на

конкретно заданной высоте над ним; для сбора качественных образцов зоопланктона могут служить заякоренные седиментационные ловушки.

с) Микробиота. Микробиота — это организмы, не видимые невооруженным глазом. По размеру они меньше мейофауны. Их размер для практических целей определяется как составляющий менее 32 мкм, и к ним относятся нанопланктон, протисты, бактерии, археи и вирусы. Микробные сообщества в водной толще и придонном слое могут играть важнейшую роль в биогеохимических циклах. Рекомендации относительно отбора проб и анализа приведены в разделе Е, подраздел 5.

d) Нектон. К нектону относятся организмы, имеющие большой диапазон размеров, от мелкого микронектона (2–20 см) до крупных рыб и кальмаров. Способы отбора проб зависят от размерного класса:

i) мелкий нектон следует собирать с помощью сетчатых пробоотборников, например MOCNESS;

ii) для работы с более крупными элементами следует использовать среднеглубинные тралы для сбора образцов, а также акустические методы для оценки биомассы и классификации глубоководного рассеивающего слоя.

241. Различные элементы зоопланктона должны быть охарактеризованы на как можно более низком таксономическом уровне. Голопланктон следует идентифицировать до уровня вида. Что касается меропланктона, то может потребоваться идентификация в пределах более общей группы, например личинка иглокожего, трохофора полихеты, икра и т. д. Для содействия идентификации таксонов как голо-, так и меропланктона можно применять молекулярный анализ.

242. По всем группам фауны необходимо получить изображения и таксономическую информацию; для установления генетических признаков в целях таксономического сравнения между контрактными районами следует использовать молекулярные методы.

243. Параметры, подлежащие измерению, — это концентрация хлорофилла-а ( $\text{мкг л}^{-1}$ ), состав и биомасса фитопланктона, суточная миграция микронектона и зоопланктона, распространенность и состав и биомасса зоопланктона и других групп фауны.

244. На основании этих измерений и измерений по другим параметрам следует определять первичную продуктивность, плотность и разнообразие (одномерное и многомерное) по группам фауны, размерным классам и функциональным группам.

## **Е. Измеряемая переменная: бентические сообщества**

245. Бентические организмы можно разделить на несколько размерных классов и функциональных групп. Хотя стратегии пробоотбора должны быть по возможности согласованы, для каждой группы существуют свои соображения. К этим группам относятся:

а) мегафауна: видимые на изображениях организмы, размер которых обычно превышает 1 см;

б) макрофауна: обычно аннелиды, разноногие, танаидацеи и равноногие ракообразные, моллюски и более мелкие иглокожие, обычно улавливаемые сеткой с размером ячеек 250–300 мкм. Кроме того, в абиссальных зонах встречаются многочисленные фораминиферы, чей размер соответствует размерам макрофауны (Bernstein et al., 1978), и крупные мейофауновые организмы, такие как

нематоды, хотя они редко изучаются. В работе Hessler и Jumars (1974) предлагается исключить из макрофауны *sensu stricto* более мелкие таксоны, которые лучше всего представлены в образцах мейофауны; этот же подход отражен в настоящем руководстве. Популяции более крупных видов среди мейофауновых таксонов могут анализироваться более эффективно с помощью более крупных пробоотборных единиц, которые обычно используются для макрофауны, и могут рассматриваться как часть макрофауны *sensu lato*. В зоне Кларион-Клиппертон в макрофауне *sensu stricto* преобладают две таксономические группы: полихеты и танаидацеи;

с) мейофауна: обычно нематоды, гарпактикоидные копеподы, остракоды, киноринхи и другие мелкие беспозвоночные (многоклеточная мейофауна), которые улавливаются ситом с размером ячеек 32 мкм. В этот размерный класс также входят многочисленные фораминиферы меньшего размера (фораминиферовая мейофауна). По практическим соображениям их изучение обычно ограничивается организмами, улавливаемыми ситом с размером ячеек 150 мкм, 125 мкм или 63 мкм;

d) фауна, связанная с полиметаллическими конкрециями: в районах, где они широко распространены, конкреции являются важным элементом структуры бентической среды обитания. В эпифауне конкреций преобладают октокораллы, губки, актинии и фораминиферы. В инфауне конкреций, обнаруживаемой в отложениях внутри трещин в конкрециях, преобладают мейофауновые организмы;

e) микробиота: организмы, не видимые невооруженным глазом и стоящие ниже мейофауны по своему размеру. Для практических целей их размер определяется как составляющий менее 32 мкм;

f) демерсальные рыбы и падальщики: подвижные животные, которые часто являются активными хищниками в придонном пограничном слое; к этой группе также относятся виды, которые питаются останками, например рыб или китов, опускающимися на морское дно.

## 1. Мегафауна

246. Мегафауну, которая в самом широком смысле имеет отношение к добычным работам, следует анализировать посредством визуализации вдоль прямолинейных трансект с повторным отбором проб в пределах отдельных страт или физиографических единиц. По возможности оценку изображений следует осуществлять на основании фотографий (неподвижных изображений), а не видео (движущихся изображений), поскольку это значительно облегчает анализ и контроль качества. Из видеоизображений очень хорошего качества можно брать отдельные кадры, но качество фотографий почти всегда выше. Для оценки встречаемости более редких высокоподвижных форм (например, рыб), а также для получения изображений в разных ракурсах и ведения наблюдений за поведением следует по возможности использовать видеозаписи.

247. Фотокамеры должны иметь разрешение, позволяющее гарантированно получать достаточно подробные изображения мегафауны размером более 10 мм (например, каждому квадратному участку морского дна размером 10 x 10 мм соответствует 40 x 40 пикселей на изображении). Кроме того, параметры экспозиции на фотоаппаратах необходимо иметь возможность настраивать вручную. Для надежного определения характеристик мегафауны размером более 10 мм можно использовать видео достаточного разрешения (т. е. не менее 720p в формате высокой четкости; около 1 млн пикселей на изображение). В идеале

изображения должны быть получены в исходном формате, т. е. в виде минимально обработанных данных с датчика изображения.

248. Для получения снимков морского дна необходимо использовать платформы, способные делать снимки соответствующего масштаба и качества при хорошем освещении и с высоким разрешением, которые позволяют достоверно идентифицировать особи мегафауны определенного размера (обычно 10 мм). Это может быть АНПА, ТНПА, краулер или буксируемая камера. Необходимо поддерживать на одном и том же уровне высоту, на которой ведется съемка, с тем чтобы изображения запечатлялись на неизменном расстоянии от морского дна. Навигационную информацию по платформе следует получать автоматически через регулярные интервалы (например, 1 Гц) с помощью системы акустических транспондеров.

249. Стартовая позиция и направление трансекты должны определяться в случайном порядке. Трансекты подлежат репликации. Количество репликатов должно быть определено и обосновано с помощью анализа статистической мощности. По каждому целевому слою должно быть получено не менее пяти репликатов (Simon-Lledo et al., 2019). Трансекты должны быть независимы друг от друга (т. е. длинную линейную трансекту не следует разбивать на смежные сегменты). Для определения независимых трансект существуют эффективные стратегии; например, можно разместить несколько прямолинейных трансект по зигзагообразной схеме. Трансекты не должны относиться к разным физиографическим единицам.

250. Длину трансекты следует определять на основе имеющихся данных по региону в интересах обеспечения того, чтобы в каждой трансекте обнаруживалось достаточное количество мегафауновых организмов для как можно более эффективной и надежной оценки искомых показателей. Для оценки биоразнообразия трансекты должны быть спланированы таким образом, чтобы в каждой трансекте обнаруживалось более 500 отдельных организмов (Simon-Lledo et al. 2019).

251. Ширина трансекты должна быть рассчитана на основании фактической высоты съемки и обычно составляет около 2 м. При наличии достаточной информации о местоположении и точных в пространственном отношении методов отбора проб следует устанавливать смежные перекрывающиеся трансекты для получения мозаичных изображений и охвата более обширной территории — при условии, что мозаичное изображение имеет достаточное разрешение для надежной идентификации организмов размером более 10 мм.

252. Таксоны, которые невозможно определить как живые, например беспозвоночные, живущие в раковине или трубке (большинство полихет и брюхоногих моллюсков), должны включаться в перечни. При проведении количественного анализа может возникнуть необходимость их не учитывать.

253. Ксенофиофоры (представители мегафауны, относящиеся к протистам) должны анализироваться отдельно (Gooday et al., 2017, 2020b). Их численность, как правило, в несколько раз превышает численность представителей многоклеточной мегафауны.

254. Для целей большинства анализов изображения-трансекты должны анализироваться как единицы выборки (т. е. все организмы, зафиксированные в каждой трансекте, в сумме образуют единую единицу выборки).



255. Все изображения должны быть масштабированы фотограмметрическим методом на основании известных оптических свойств камеры, положения камеры на устройстве-коллекторе, записей альтиметрии и данных о килевой и бортовой качке. В докладах необходимо указывать площадь исследованного участка морского дна.

256. Изображения должны быть аннотированы с помощью специализированного программного обеспечения для аннотирования, например BIGLE (Langenkämper et al., 2017). Для анализа изображений морского дна можно использовать любой из множества пригодных инструментов аннотации изображений (Gomes-Pereira et al., 2016; Schoening et al., 2016).

257. Изображения должны анализироваться в произвольном порядке (чтобы свести к минимуму погрешности, связанные с последовательностью или временем). Все особи мегафауны размером более 10 мм должны быть обнаружены и описаны. Их необходимо определять с максимально возможным таксономическим разрешением, т. е. по морфотипу (операционная таксономическая единица), для целей последовательной идентификации, обычно на уровне рода или семейства (Howell et al., 2019). Физические размеры каждой особи следует рассчитывать на основе известных размеров пикселей изображения.

258. По возможности результаты наблюдений за организмами по фотографиям или видеозаписям следует подтверждать посредством таксономического и/или генетического анализа нескольких собранных образцов. Недавние исследования показали, что некоторые классы мегафауны, например офиуриды, могут составлять комплексы видов (например, Christodoulou et al., 2020).

259. Результаты следует представлять таким образом, чтобы способствовать их использованию в будущем и сравнению с результатами других исследований, что позволит учитывать эти данные в контексте региональных и прочих оценок. Обычно эта работа включает в себя составление матриц обилия морфовидов и представление значений плотности (численность на кв. м), показателей разнообразия по Хиллу порядка 0, 1 и 2 (0: богатство морфовидов [S]; 1: экспоненциальная форма индекса Шеннона [ $\exp H'$ ]; 2: обратная форма индекса Симпсона [ $1/D$ ]) и результатов многомерной оценки (в идеале с включением данных за прошлые периоды для сравнения).

260. Параметры, подлежащие измерению, — это числовой показатель обилия особей на исследуемом участке (количество особей на кв. м) для соответствующих таксономических/функциональных групп и для всего сообщества многоклеточных/ксенофиофоров. Кроме того, следует фиксировать размер каждой обнаруженной особи и любые замечания относительно ее местонахождения (например, была ли она прикреплена к конкреции).

261. На основании этих измерений следует определять плотность, статистические данные для описания структуры сообщества (одномерные и многомерные показатели разнообразия) и модели распределения. В результате должны быть получены карты или изображения исследованных районов, включая информацию о протяженности обнаруженных местообитаний на морском дне.

## 2. Макрофауна

262. Отбор проб макрофауны должен производиться по методологии, изложенной в подготовленном Органом техническом исследовании № 13 «Глубоководная макрофауна зоны Кларион-Клиппертон». Дополнительная информация приводится в документах [ISBA/25/LTC/6/Rev.1](#) и [ISBA/25/LTC/6/Rev.1/Corr.1](#).

263. Собирать следует как макрофауну, обитающую на конкрециях, так и макрофауну в отложениях. На борту судна поверхность керна необходимо сфотографировать, предварительно удалив покрывающую его воду через сито с помощью пластмассового шланга. Оставшийся на сите после удаления воды материал должен обрабатываться вместе с поверхностными отложениями.

264. Что касается фауны, связанной с конкрециями, то при извлечении брусковых кернов необходимо выявлять очевидную эпифауну, прикрепившуюся к поверхности конкреции. Изображения фауны конкреций необходимо получить, пока она еще прикреплена к конкрециям и содержится в специальных небольших аквариумах с холодной отфильтрованной морской водой (4°C); затем фауну следует удалить, взяв фрагмент образца для анализа ДНК и поместив его в двухмиллиметровую пробирку, заполненную холодным 96-процентным этанолом (-20°C), а организм поместить в отдельную пробирку. Конкрецию необходимо вернуть в первоначальный контейнер. Вся вода, которая находилась в контакте с конкрециями, должна быть пропущена через сито с размером ячеек 32 мкм, а остаток материала помещен в первоначальный контейнер. До того как конкреции будут помещены в формалин или холодный этанол для хранения, необходимо задокументировать их размер и вес.

265. Что касается фауны отложений, то вся работа с ней должна проводиться в холодной лаборатории. Поверхностную воду в пробоотборнике следует откачать в сито (250 мкм или 300 мкм) и сделать фотографии неповрежденной поверхности керна и поперечного сечения, отметив любые примеры биотурбации и глубину расположения каких-либо изменений в цвете отложений в целях установления вертикальных изменений в типе отложений. Образец отложений необходимо поделить на слои по глубине расположения следующим образом: 0–3 см, 3–5 см и 5–10 см. Каждый слой необходимо процедить сквозь сито с холодной отфильтрованной морской водой. Самый верхний образец следует немедленно отсортировать, а остаточный материал из более глубоких срезов необходимо хранить в холодной лаборатории в холодной отфильтрованной морской воде до тех пор, пока они не будут обработаны. Все чаще возникает потребность в образцах как для морфологического, так и для молекулярного анализа; по этой причине необходимо тщательно продумать вопрос об использовании формальдегида в качестве закрепляющего средства, поскольку из-за него молекулярный анализ образцов может оказаться невозможным. Для морфологического и молекулярного анализа в охлаждаемой лаборатории (4°C) слои отложений на глубине 0–3 см и 3–5 см необходимо процедить с помощью холодной фильтрованной морской воды, а остатки законсервировать в 10-процентном забуференном формальдегиде или 96-процентном этаноле. Слои отложений на глубине 5–10 см необходимо процедить с помощью холодной фильтрованной морской воды в лаборатории, а остатки законсервировать в 10-процентном забуференном формальдегиде или 96-процентном этаноле. При большом объеме остаточного материала для фиксации образцов может потребоваться более сильная концентрация формальдегида. Раствор формальдегида не следует использовать для фиксации групп ракообразных, таких как равноногие и танаидацеи; для этих таксонов рекомендуется консервация в 96-процентном предварительно охлажденном этаноле. Образцы должны быть зафиксированы в растворе формальдегида в течение не менее 24 часов. Затем образцы как можно скорее необходимо переместить из раствора формальдегида в 70–80-процентный раствор этанола.

266. Для молекулярных и морфологических исследований и изучения биоразнообразия остатки верхнего слоя глубиной 0–3 см необходимо отсеять и сохранить, а образец держать в как можно холодных условиях, сортируя все многоклеточные организмы на легко идентифицируемые таксономические группы на «ледяной подушке». Перед помещением образцов в этанол для хранения следует

запечатлеть их изображения в режиме реального времени. Для хранения нематод можно использовать двунариевую соль этилендиаминтетрауксусной кислоты (DESS) (Yoder et al. 2006). Отложения других слоев необходимо просеять, а остатки исследовать, как описано выше, или законсервировать в 96-процентном этаноле. Полихеты необходимо консервировать в холодном 80-процентном этаноле, нематоды — в DESS (их необходимо хранить при температуре 4°C), а все остальные группы — в холодном 96-процентном этаноле. Этанол следует сменить через 24–48 часов, а образцы хранить при температуре –20°C.

267. Параметры, которые необходимо зафиксировать, — это таксономическая классификация для каждого морфовида, матрица распределения видов по пробоотборным станциям, показывающая численность организмов (количество особей на образец) и последовательность генов.

268. На основании этих измерений следует определять плотность, богатство видов, статистические данные для описания структуры сообщества (одномерные и многомерные показатели разнообразия) и модели распределения.

### 3. Мейофауна (включая фораминиферовую мейофауну)

269. Отбор проб многоклеточной мейофауны должен производиться по методологии, изложенной в подготовленном Органом техническом исследовании № 7 «Справочник по молекулярному протоколу морских бентических нематод (нематодный штрих-код)».

270. Для анализа биоразнообразия мейофауна должна быть ограничена теми таксонами фауны отложений, которые обычно относят к мейофауне, включая, например, нематоды, гарпактикоидные копеподы или киноринхи. Макрофауновые таксоны (например, полихеты и танаидацеи), попавшие в образцы мейофауны, можно принять к сведению, но их не следует учитывать при оценке численности мейофауны.

271. По крайней мере один из кернов, полученных в ходе одного задействования многокамерного пробоотборника, должен использоваться для установления морфологических характеристик многоклеточной мейофауны и еще один керн — для установления морфологических характеристик фораминифер. Для определения молекулярных характеристик этих групп и других малоразмерных эукариот (например, малых «голых» протистов) (Gooday et al., 2020a) с помощью штрихкодирования и/или меташтрихкодирования необходимо выделить дополнительные керны. Меташтрихкодирование может быть проведено на мейофауне, извлеченной из отложений, или на образцах отложений как таковых; в последнем случае это будут образцы средовой ДНК.

272. Если конкреции представлены в больших количествах, то в результате смещения во время отбора проб они могут потревожить отложения, вызвав возмущения разной степени. Поэтому приоритетность анализов необходимо определять заблаговременно перед каждой экспедицией, оставляя наименее поврежденные керны для самых важных анализов; порядок приоритетности необходимо чередовать между экспедициями.

273. После поднятия на борт все керны следует в первую очередь сфотографировать. Воду на поверхности керна для анализа многоклеточной мейофауны необходимо откачать через сито с размером ячеек 32 мкм с помощью пластмассового шланга; оставшийся на сите материал должен обрабатываться вместе с поверхностными отложениями. Решение о разделении керна на слои следует принимать на основании визуального осмотра. Как правило, наличие конкреций препятствует разделению на слои, и в этом случае можно сохранить весь нерасслоенный фрагмент керна глубиной 0–5 см. В качестве альтернативного

варианта конкреции можно удалить и поделить керны с помощью режущей пластины на следующие слои: 0–1 см, 1–2 см, 2–3 см, 3–4 см, 4–5 см (то есть до той же глубины, которая указана в разд. III.A, но не более чем на 5 см вглубь отложений).

274. Керна, используемый для анализа фораминифер, необходимо поделить на слои, как описано выше, и каждый слой отложений необходимо хранить отдельно в 4-процентном забуференном бурой растворе формальдегида (= 10-процентному формалину).

275. Температура и химический раствор, используемый для консервации образцов мейофауны (тип и концентрация), должны быть четко указаны. Необходимый способ консервации образца зависит от цели анализа. Например, образцы для морфомолекулярного исследования (т. е. штрихкодирования) следует хранить в растворе, содержащем DESS (Yoder et al., 2006), при 4°C. Образцы, законсервированные таким образом, можно использовать для изучения морфологических характеристик (т. е. установления контрольных показателей), сохраняя при этом возможность извлечения из того же образца генетического материала (т. е. штрихкодирования ДНК); таким образом устанавливается связь между морфологией и молекулярной идентификацией (Bhadury et al., 2006). Образцы для меташтрихкодирования должны быть заморожены до температуры не менее –20°C сразу после отбора (Macheriotou et al., 2020). Кроме того, необходимо консервировать образцы в забуференном бурой 4–8-процентном растворе формальдегида и морской воды, но эти образцы могут использоваться только для морфологического анализа. По крайней мере один керн должен быть поделен на субпробы для меташтрихкодирования мелких эукариот (протисты и многоклеточные). Из каждого керна с помощью стерильной ложки следует взять три субпробы отложений (объемом около 2 мл), поместить их в пластиковые флаконы, наполненные 5 мл подходящего раствора для консервации почвы, и хранить при температуре –20°C. Любые встретившиеся конкреции следует хранить отдельно для дальнейшего анализа связанной с конкрециями фауны.

276. В лаборатории образцы должны быть обработаны с применением любого стандартного метода извлечения мейофауны. Для получения многоклеточной мейофауны следует применять метод флотации и центрифугирования (например, при 1905 gcf), так как известно, что этот метод позволяет извлечь 80 и более процентов организмов (McIntyre and Warwick, 1984). Поскольку результаты флотации бывают неоднозначными, образцы фораминифер следует сортировать вручную. Необходимо приложить усилия для включения в оценку биоразнообразия однокамерных (моноталамусных), «мягкораквинных» организмов, поскольку они многочисленны и доминируют среди фораминифер в образцах из зоны Кларион-Клиппертон и Индийского океана. Однако для целей мониторинга анализ может быть сосредоточен на многокамерных твердораковинных таксонах, которые менее многочисленны и разнообразны, но лучше известны и требуют меньше времени для изучения, чем моноталамиды (так называемый микропалеонтологический подход).

277. Для исследования фораминифер обычно используются сита с размером ячеек 150, 125 и 63 мкм. Выбор размера ячеек — это вопрос компромисса между необходимостью активных усилий для анализа более мелких остатков материала и возможностью получить большее количество организмов и данных с помощью более мелких фракций (Gooday and Goineau, 2019). Сито с ячейкой 125 мкм рекомендуется для общего применения в исследованиях с целью биомониторинга (Schönfeld et al., 2012), в то время фракция 63 мкм позволяет получить дополнительную информацию об экологически чувствительных видах (Lo Giudice Capelli and Austin, 2019), а фракция 150 мкм улавливает разнообразные крупные

моноталамиды, плохо улавливаемые более мелкими фракциями (Goineau and Gooday, 2017, 2019). В идеале следует использовать для целей анализа все три фракции ( $> 150$  мкм,  $125\text{--}150$  мкм,  $63\text{--}125$  мкм), но, если это нецелесообразно, следует последовательно использовать одну фракцию ( $> 150$  мкм,  $> 125$  мкм или  $> 63$  мкм).

278. Остаток материала на сите для морфологического анализа необходимо окрасить раствором бенгальского розового (например,  $1$  г в  $1$  л хозяйственно-питьевой воды), например поместив сито с остатком материала в сосуд с раствором красителя на ночь, а затем промыв остаток на сите для удаления избытка красителя. Сортировку фораминифер следует проводить в воде, например в чашке Петри. Хрупкие моноталамиды должны быть извлечены из чашки с помощью пипетки и храниться в глицерине на предметном стекле с углублением; при этом стекло необходимо оставить незакрытым, чтобы сохранить доступ к образцам. Более устойчивые твердораковинные организмы следует хранить на сухих микропалеонтологических предметных стеклах. Дополнительная информация об обработке образцов фораминифер, включая влажное разделение и просеивание отложений, проведении различий между «живыми» и мертвыми образцами и проблеме фрагментации содержится в публикациях Goineau and Gooday (2017, 2019) и Gooday and Goineau (2019). Эти работы и дополнительные материалы к ним включают в себя многочисленные фотографии распространенных и в большинстве случаев неописанных моноталамид. В работах Schönfeld et al. (2012) и Alve et al. (2016) приведены рекомендации относительно применения микропалеонтологического подхода к использованию многокамерных фораминифер в исследованиях с целью мониторинга.

279. Параметры, которые необходимо зафиксировать, — это перечни видов/родов, матрицы видов/родов по станциям, показывающие плотность распространения на  $10$  кв. см, и последовательность генов.

280. На основании этих измерений следует определять плотность и статистические данные для описания структуры сообщества (одномерные и многомерные показатели разнообразия).

#### 4. Фауна, связанная с полиметаллическими конкрециями

281. То обстоятельство, что конкреции растут чрезвычайно медленными темпами, означает, что после того, как они будут удалены, пройдут миллионы лет, прежде чем этот твердый субстрат восстановится. Поэтому важно установить, в какой степени организмы зависят и от рыхлых отложений, и от конкреций на абиссальных конкреционных полях, а также их функции или роль в этой среде обитания.

282. Пробы следует отбирать с помощью коробчатого пробоотборника (площадь короба не менее  $0,25$  кв. м), ТНПА или любого другого аналогичного бентического устройства, которое может собирать неповрежденные образцы отложений и конкреций.

283. Все полиметаллические конкреции в отложениях должны быть аккуратно извлечены, сфотографированы и исследованы на наличие эпифауны. Параметры дальнейшей обработки зависят от того, какая фауна исследуется.

284. Все эпифауновые организмы, прикрепленные к внешней поверхности конкреций, должны быть немедленно сфотографированы, аккуратно отделены от конкреции и помещены в 96-процентный этанол для дальнейшего изучения под микроскопом и других лабораторных анализов. Затем поверхность каждой конкреции должна быть отдельно промыта на сите с ячейками  $32$  мкм; промытый материал следует считать частью местной фауны отложений. Рыхлый осадок на

конкреции следует промыть отдельно, желательно на мелкоячеистом сите (20–25 мкм), а промытый материал следует считать частью каждого слоя отложений, содержащего фауну. Для изучения многоклеточной мейофауны в трещинах конкреций конкреции необходимо тщательно промыть, чтобы удалить налипшие отложения, а также измерить и взвесить. Очищенные конкреции следует при необходимости механически разбить и зафиксировать, например, в забуференном формальдегиде или DESS для морфологических и молекулярных исследований, помня о том, что фиксация может повлиять на физическую целостность конкреции. Затем образец может быть обработан с применением любого стандартного метода извлечения мейофауны. При этом рекомендуется применять метод флотации и центрифугирования (например, при 1905 gcf), так как известно, что этот метод позволяет извлечь до 80 и более процентов организмов (McIntyre and Warwick, 1984). Затем надосадочную жидкость пропускают через сито с размером ячеек 20–32 мкм. Остаток материала на сите необходимо тщательно рассмотреть под стереомикроскопом (при увеличении 40×). Все фауновые организмы должны быть идентифицированы до как можно более низкого таксономического уровня, подсчитаны, отсортированы и отдельно помещены в DESS при температуре 4°C, чтобы впоследствии их можно было использовать для молекулярной идентификации.

285. Для изучения фораминифер конкреции следует брать с поверхности брусковых кернов или кернов, полученных с помощью коробчатых пробоотборников, помещать в отдельные контейнеры и консервировать в забуференном бурой 4-процентном растворе формальдегида (10-процентном формалине). Следует использовать широкогорлые контейнеры, из которых можно легко извлекать конкреции, не повреждая хрупкие фораминиферы, приставшие к ним. В лаборатории конкреции при необходимости следует тщательно промыть, брызгая водой из пипетки на поверхность, чтобы удалить налипшие отложения. Однако промывать конкреции следует как можно реже, обращаться с ними как можно осторожнее и трогать их как можно меньше. После промывания конкреции следует поместить в заполненный водой резервуар достаточной глубины, чтобы вода полностью покрывала их, и осмотреть под стереомикроскопом, оснащенным цифровой камерой. Фораминиферы, как правило, чаще встречаются на поверхностях и могут быть сосредоточены на выступающих частях, однако могут обнаруживаться и на нижней части. Различные морфотипы необходимо фотографировать, чтобы составить каталог, документирующий их разнообразие. По возможности следует записывать количество образцов каждого типа. Однако для некоторых форм, таких как крупные сетчатые образования и трубчатые системы с плохо выраженными границами, это будет трудно сделать.

286. Параметры, которые необходимо зафиксировать, — это перечни таксономической идентификации до как можно более низкого уровня (в идеале до уровня вида), количество на одну конкрецию (объем/вес конкреции) и последовательность генов.

287. На основании этих измерений следует определять плотность, статистические данные для описания структуры сообщества (одномерные и многомерные показатели разнообразия) и модели распределения.

## 5. Микробиота

288. Пробы отложений следует отбирать с помощью управляемого с ТНПА пробоотборника толкательного действия, пробоотборника толкательного действия, установленного на обитаемом подводном аппарате, коробчатого пробоотборника, коробчатого пробоотборника с телевизионным управлением, многокамерного пробоотборника или многокамерного пробоотборника с телевизионным

управлением, при этом пробоотборник необходимо плотно закрывать как можно ближе к точке отбора, чтобы предотвратить загрязнение во время извлечения пробы.

289. Пробы воды следует собирать с помощью розеточного STD-измерителя, оснащенного пробоотборником воды, или с помощью устройства *in situ* для фильтрации и извлечения частиц, например системы перемещения воды McLane, при этом пробоотборник необходимо плотно закрывать как можно ближе к точке отбора, чтобы предотвратить загрязнение во время извлечения пробы. Пробы следует отбирать в значимых слоях воды, определенных посредством отбора проб водной толщи (см. разд. V). Слои, в которых следует производить отбор проб, включают, в частности, поверхностный слой, подповерхностный слой с максимальным содержанием хлорофилла, аноксический слой и придонный слой.

290. Образцы, которые будут использоваться для проведения посевов, следует хранить при температуре 4°C. Образцы, работа с которыми не подразумевает проведения посевов, следует хранить при температуре –80°C или в жидком азоте (после фильтрации с помощью устройства для фильтрации микроорганизмов с микрофильтрационной пленкой в случае образцов воды).

291. Количество микроорганизмов следует определять методом флуоресцентного окрашивания с использованием красителей для ДНК (например, DAPI) или методом ПЦР в реальном времени с использованием олигонуклеотидных праймеров по конкретным группам (Labrenz et al., 2004). Если подразумевается проведение посевов, то эта работа должна происходить на борту пробоотборочного судна.

292. ДНК микроорганизмов следует получать методом фенол-хлороформной экстракции ДНК или с помощью наборов для выделения ДНК; для определения чистоты и целостности ДНК используются соответственно спектрофотометрия (Qbit, nanodrop) и электрофорез ДНК в агарозном геле. Отвечающая установленным критериям ДНК микроорганизмов должна быть секвенирована на секвенаторе с высокой пропускной способностью (например, HiSeq X, NovaSeq, Sequel II, MinION, GridION, PromethION и MiSeq для метатрихкодирования). В отношении важных маркерных генов (например, гена 16S рРНК, функциональных генов) следует провести дополнительное ампликонное секвенирование.

293. РНК микроорганизмов следует получать с помощью наборов для экстракции РНК или аналогичных реагентов как можно скорее после извлечения образца; для определения чистоты и целостности РНК используются соответственно спектрофотометрия и электрофорез РНК в агарозном геле. Отвечающая установленным критериям РНК микроорганизмов должна быть секвенирована на секвенаторе с высокой пропускной способностью. Кроме того, отдельные РНК следует проанализировать методом ПЦР в реальном времени с использованием особых олигонуклеотидных праймеров.

294. В настоящее время не существует стандартного метода анализа на основе секвенирования с высокой пропускной способностью. Общепринятыми методами являются FastQC для контроля качества; SPAdes для обобщения результатов секвенирования; MetaBAT 2 для биннинга контигов; DADA2 для генерирования вариантов последовательности ампликонов; BLAST+ для выравнивания последовательностей и аннотации генов; CheckM для оценки качества обобщения и биннинга (Breitwieser et al., 2017).

295. Необходимо предоставить результаты анализа секвенирования генома или метагеномного биннинга популяции микроорганизмов.

296. Параметры, которые необходимо зафиксировать, — это идентификация, численность и последовательность генов.

297. На основании этих измерений следует определять разнообразие микроорганизмов, состав сообщества, численность и функциональные различия отдельных групп.

## **6. Демерсальные рыбы и падальщики**

298. Для отбора образцов следует использовать два или более из трех основных категорий методов: лов с помощью донных тралов, лов с помощью систем с приманками и формирование изображений трансект. Следует отметить, что видео трансект и изображения, полученные с помощью ТНПА, АНПА или погружных камер, не являются оптимальными для изучения рыб, поскольку используемые для их получения средства могут привлекать или отпугивать организмы, вследствие чего информация о видовом составе и численности может оказаться искаженной. В том, что касается изображений трансект, следует придерживаться подхода, изложенного в подразделе 1. Донные тралы можно буксировать отдельно или вслед за салазками с камерой, а пойманные таким образом организмы могут служить контрольными образцами для целей таксономии и секвенирования ДНК. Применение ловушек и ярусов имеет тот недостаток, что они ориентированы на конкретные виды и поэтому не должны использоваться для изучения биоразнообразия. Камеры с приманкой, установленные на донных модулях, позволяют получить объективное представление о фауне, привлекаемой приманкой, в любом конкретном районе. Что касается разноногих, то для поминки контрольных экземпляров к ножкам оснащенного камерой донного модуля можно прикрепить небольшие ловушки типа мелководистого невода (Jamieson, 2015).

299. Недостатком, связанным с применением оснащенных камерами систем, является то, что зачастую виды трудно различить на изображениях, но если такие системы используются, то в каждой пробоотборной зоне камеру с приманкой необходимо повторно опускать как минимум 10 раз. Недостатком отбора проб донным тралом является то, что тралы, используемые для съемки, могут оказывать негативное воздействие на уязвимые бентические виды и местообитания (Duran Munoz et al., 2020).

300. Параметры, которые необходимо зафиксировать, — это перечни таксономической идентификации до максимально низкого уровня (в идеале до уровня вида), численность, последовательность генов (в случае сбора образцов), размеры особей, время прибытия после забрасывания приманки и максимальное наблюдаемое количество особей каждого вида (в случае применения донных модулей с приманкой).

301. На основании этих измерений следует определять плотность, богатство видов, статистические данные для описания структуры сообщества (одномерные и многомерные показатели разнообразия) и модели распределения.

## **Г. Измеряемая переменная: связность**

302. Исследование связности популяций следует проводить в отношении ключевых видов, используя образцы из нескольких географических точек и/или местообитаний. В идеале по каждому виду количество особей в популяции должно быть относительно большим (> 10–20 особей на участок), с тем чтобы только относительно многочисленные виды подлежали оценке и их численность служила в качестве косвенного признака численности сообщества в более широком



смысле. Однако с учетом относительно низкой плотности некоторых видов, обнаруживаемых в зоне Кларион-Клиппертон, для исследования связности должно быть достаточно и меньшего количества особей (3–5 особей на участок) (Taboada et al., 2018).

303. В зависимости от условий для сбора достаточного количества особей для исследования связности может потребоваться задействование других пробоотборников в дополнение к тем, которые указаны выше. Например, для сбора достаточного количества образцов макрофауны в бентических местообитаниях могут потребоваться такие средства, как эпибентические салазки. При этом таких методов следует избегать там, где они могут оказать негативное воздействие на хрупкие элементы среды. Образцы для исследования связности следует собирать и хранить таким образом, чтобы сохранить ДНК в наилучшем состоянии, как подробно описано в работе Glover et al. (2016). При консервации крупных образцов или фрагментов более крупных образцов следует использовать 96-процентный вместо 80-процентного этанола.

304. Для целей анализа следует применять обратный таксономический подход (Janssen et al., 2015). Контрольные образцы исследуемых видов следует сохранять, поскольку для определения криптических видов, идентифицируемых молекулярным способом, потребуются дальнейшее детальное изучение морфологических признаков (например, с помощью сканирующей электронной микроскопии).

305. Выбор подходящих молекулярных маркеров зависит от исследуемого таксона. В некоторых случаях стандартные подходы, такие как использование наиболее распространенных молекулярных маркеров (например, COI, гена 16S рРНК), могут не обеспечить достаточной генетической изменчивости для дальнейшего анализа. Следует применять комбинированный подход, основанный на использовании общих молекулярных маркеров и микросателлитных маркеров, включая высокополиморфные микросателлиты (Taboada et al. 2018), которые могут использоваться для проведения мелкомасштабных исследований.

306. Помимо микросателлитов, для исследования генетики популяций следует рассмотреть возможность применения других молекулярных методов, в том числе на основании однонуклеотидных полиморфизмов, которые были получены в результате исследований генома при сниженном представительстве и легко могут быть применены к немодельным организмам при относительно низкой стоимости. Например, с помощью ddRADseq можно генерировать от сотен до тысяч однонуклеотидных полиморфизмов, что позволяет не только проводить мелкомасштабные исследования геномики популяций, но и изучать филогеомику, стратегии адаптации или интрогрессии, а также другие процессы, происходящие на уровне популяции (Andrews et al., 2016).

307. При моделировании следует придерживаться подходов, подразумевающих использование целого ряда доступных инструментов. Информацию о потоках генов и схемах миграции, полученную на основе генетических данных, следует сопоставлять с информацией о факторах окружающей среды, таких как океанические течения. Использование океанографических моделей для оценки переноса личинок (см. разд. IV, разд. D) может объяснить некоторые закономерности в крупномасштабной дифференциации популяций и связности видов (Taboada et al., 2018; Kenchington et al., 2019).

308. Поскольку разработка всевозможного программного обеспечения ведется постоянно, результаты фоновых исследований должны сопровождаться четким указанием на инструменты, которые использовались при анализе, и на лежащие в основе исследований допущения.

309. На основании этих исследований следует определить параметры связности и биогеографические особенности по ключевым видам в каждой функциональной группе и сделать выводы в отношении сообществ в более широком смысле.

310. К конкретным показателям, которые необходимо определить, относятся:

а) минимальные генетические расстояния, определяемые с использованием сети гаплотипов на основе нескорректированных  $r$ -расстояний и двухпараметрических моделей Кимуры между видами и внутри видов для установления внутри- и межвидовых генетических расстояний;

б) генетическое разнообразие, для определения которого следует рассчитать ожидаемую ( $H_e$ ) и наблюдаемую ( $H_o$ ) гетерозиготность и коэффициенты инбридинга ( $F_{IS}$ ) в отношении каждого вида, пробоотборной станции и региона с использованием R-пакетов или, например, программы Genodive (Meirmans and Van Tienderen, 2004);

с) структура популяции, для определения которой следует использовать следующее:

i) методы кластеризации, в том числе определенные с помощью программ Structure (Pritchard et al., 2000) и DAPC; последняя включена в пакет adegenet R (Jombart et al., 2010), который графически представляет генетическое родство между образцами;

ii) дистанционные методы, такие как статистика индекса фиксации ( $F_{ST}$ ), которые применяются для измерения степени генетической дифференциации между популяциями с использованием парных значений  $F_{ST}$  для сопоставления пробоотборных участков и регионов; для определения иерархического распределения генетической вариации следует использовать анализ молекулярной дисперсии;

д) схемы миграции, в отношении которых следует использовать функцию divMigrate пакета diveRsity R (Keenan et al. 2013) для оценки относительной современной миграции между пробоотборными станциями. В качестве альтернативы для расчета моделей миграции можно использовать программы Lamarc (Kuhner, 2006) или Migrate (Beerli and Palczewski, 2010);

е) изолированность вследствие удаленности и генетические разрывы: тест Мантеля для соотнесения географических расстояний с логарифмически преобразованными и коррелированными с линеаризованными парными  $F_{ST}$  Слаткина значениями ( $F_{ST}/1-F_{ST}$ ) следует проводить с помощью различных R-пакетов или с использованием таких программ, как Genodive; кроме того, с помощью таких программ, как Barrier, следует оценивать вероятность возникновения барьеров для определения генетической структуры популяций (Manni et al., 2004).

## **G. Измеряемая переменная: функционирование экосистемы**

311. Пробы инфауны (минимум 10–12 произвольно выбранных участков) для анализа количества природных изотопов для структуры пищевой сети следует отбирать в слое 0–1 см и 1–2 см для мейофауны и 0–1 см, 1–5 см и 5–10 см для макрофауны. Пробы мегафауны для анализа количества природных изотопов следует отбирать по возможности таким образом, чтобы получать не менее 10 особей определенного таксона (например, Ophiuroidea). Эксперименты по изотопной маркировке следует проводить как минимум на 10 произвольно выбранных участках, делая на каждом участке повторные измерения с помощью бентических камер (Sweetman et al. 2019).

312. Пробы мейофауны для анализа стабильных изотопов следует отбирать с помощью «мегапробоотборников» или многокамерных пробоотборников начиная со слоя глубиной 0,5 см. Пробы отложений необходимо хранить в замороженном виде (при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  или ниже) без каких-либо консервантов до проведения дальнейшего анализа в основной лаборатории. Их следует промывать через сито с размером ячеек 32 мкм холодной фильтрованной морской водой. Макрофауну следует собирать с помощью коробчатого пробоотборника с коробом 0,25 кв. м на глубине отложений 0–1 см, 1–5 см и 5–10 см; срезы отложений следует промывать на сите с размером ячеек 300 мкм холодной фильтрованной морской водой. Вместо этого или помимо этого для сбора образцов макрофауны для анализа стабильных изотопов можно использовать эпибентические салазки.

313. Пробы для анализа структуры основной пищевой сети инфавуны (например, количество трофических уровней) следует отбирать на тех же участках, что и пробы для анализа структуры сообществ мейофауны и макрофауны. Пробы необходимо отбирать по крайней мере на 10–12 случайно выбранных участках. По возможности образцы мегафауны (например, голотурий) следует собирать с помощью ТНПА во время обследования трансект или посредством траления; необходимо прилагать усилия для сбора не менее 10 особей каждого крупного таксона мегафауны. Изотопную маркировку для количественной оценки микробной и фауновой активности и связей пищевой сети следует проводить *in situ* с помощью бентических камерных платформ (ТНПА или донные модули) как минимум на 10 произвольно выбранных участках, причем на каждом участке необходимо производить повторные измерения с помощью бентических камер (Sweetman et al. 2019).

314. Остатки мейофауны и макрофауны на сите необходимо поместить в полиэтиленовый пакет, быстро заморозить в жидком азоте и хранить при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ . При фиксации образцов для анализа стабильных изотопов никогда не следует использовать фиксаторы на основе спирта. Образцы мегафауны, собранные с помощью ТНПА или трала, следует немедленно переместить в холодное помещение; до 10 особей каждого таксона необходимо положить по отдельности в полиэтиленовые пакеты, быстро заморозить в жидком азоте и хранить при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ .

315. Образцы мейофауны и макрофауны должны быть отсортированы по возвращении в лабораторию, при этом необходимо позаботиться о том, чтобы по возможности не допускать нагревание образцов. Холодной отфильтрованной морской водой с фауны следует смыть приставшие органические остатки и поместить ее в предварительно взвешенные оловянные или серебряные (для работы с известковыми организмами) чашки для изотопного анализа. Исследуемые ткани (например, стенка тела, мышца, лучи офиур) образцов мегафауны следует отделить в лаборатории, стараясь минимизировать нагревание тканей, и поместить на фольгу. Все образцы высушиваются в течение двух-трех дней при температуре  $45^{\circ}\text{C}$ , а затем ткани мегафауны измельчаются вручную с помощью ступки и пестика. Ткани известковой мегафауны помещаются в серебряные чашки для изотопного анализа. Затем известковые животные и ткани (например, лучи офиур) должны быть окислены 10-процентной  $\text{HCl}$  для удаления карбонатов и снова высушены при температуре  $45^{\circ}\text{C}$  в течение трех дней, после чего окисление проводится еще один раз, если не все карбонаты были удалены с первого раза. Затем образцы должны быть подготовлены для изотопного анализа (согласно указаниям лаборатории, которая анализирует образцы) и отправлены на анализ, как описано в литературе (например, Hardy et al., 2008; Levin et al., 2009; Sweetman et al., 2013).

316. Для количественной оценки основного типа пищи для фауны образцы твердых органических веществ, собранных седиментационными ловушками или содержащихся в пробах отложений (см. разд. V.H), должны быть подготовлены для анализа стабильных изотопов; их изотопный состав необходимо скорректировать, если образцы хранились в растворе формальдегида.

317. Изотопная маркировка для изучения поведения и взаимосвязей компонентов пищевой сети проводится *in situ* с использованием бентических камер, управляемых с ТНПА, или бентических камерных донных модулей. Для документирования метаболической активности гетеротрофных микроорганизмов и фауны в исследованиях следует использовать маркированные  $^{13}\text{C}$  культуры фитопланктона (Sweetman et al. 2019), в то время как активность автотрофных микроорганизмов можно определять с помощью служащего индикатором маркированного  $^{13}\text{C}$  бикарбоната. Кроме того, исследования, в которых используется маркированный  $^{13}\text{C}$  бикарбонат или маркированная  $^{13}\text{C}$  глюкоза, позволяют дополнительно выявлять связи пищевой сети, например определять, какая фауна питается микроорганизмами (Sweetman et al. 2019). Маркировка *in situ* должна соответствовать методам, изложенным в работах Stratmann et al. (2018) или Sweetman et al. (2019), и проводиться в течение 36–48 часов. В ходе этих экспериментов можно количественно определить преобразование органического углерода (из маркированного  $^{13}\text{C}$  фитопланктона) в  $\text{CO}_2$ , если используемые камеры оснащены шприцевидными насадками для отбора проб. Если это так, то образцы следует собирать через определенные промежутки времени (например, каждые шесть–восемь часов) во время эксперимента с помощью шприцевидного пробоотборника. В лаборатории образцы необходимо отфильтровать (с помощью фильтра из ацетата целлюлозы 0,45 мкм) и зафиксировать в пробирках с 5–10 мкл 6-процентного хлорида ртути для анализа соотношения общего растворенного неорганического углерода и изотопов  $^{13}\text{C}$  методом масс-спектрометрии (Sweetman et al., 2010). Глубина воды в камере и площадь камеры должны быть всегда известны, с тем чтобы определять объем воды в камере в конце каждого эксперимента. По окончании эксперимента необходимо использовать толкательные/ножевые пробоотборники для отбора проб микроорганизмов и фауны в отложениях, собранных с помощью управляемых ТНПА камер, в то время как бентические камерные донные модули в основном автоматически собирают отложения, контактировавшие с маркированным субстратом. На борту судна отложения помещаются в холодильную камеру, из них берутся пробы микроорганизмов в слоях глубиной 0–1 см, 1–5 см и 5–10 см, они гомогенизируются и быстро замораживаются в стеклянных сосудах (предварительно промытых метанолом и дихлорметаном в соотношении 1:1 и высушенных) с помощью жидкого азота и хранятся при температуре  $-20^\circ\text{C}$ . Для определения содержания воды в отложениях необходимо отбирать отдельные пробы на тех же глубинных горизонтах. Образцы мейофауны следует получать с помощью толкательного пробоотборника (камеры, управляемые с ТНПА) или шприцевидного пробоотборника (бентические камерные донные модули) на глубине 0–1 см и 1–2 см, промывать на сите с размером ячеек 32 мкм и помещать в забуференный 4-процентный раствор формальдегида и воды (т. е. 10-процентный формалин). Пробы макрофауны следует брать из кернов, полученных с помощью ножевых пробоотборников (камеры, управляемые ТНПА), или из остальной части содержимого камеры, если речь идет о бентическом камерном донном модуле, промывать на сите 300 мкм и консервировать в формалине. Образцы для определения фоновых изотопных характеристик микроорганизмов и фауны следует отбирать с помощью управляемых с ТНПА пробоотборников толкательного действия, коробчатых пробоотборников или мегапробоотборников и подготавливать и консервировать их таким же образом. Хотя консервация в формалине может повлиять на состав  $\delta^{13}\text{C}$  (0,5–1 часть на тысячу), маркировка фауны, вероятно, будет значительно больше

этого (500–1000 частей на тысячу), что сводит на нет необходимость замораживания образцов. Более того, в случае консервации образцов для фоновых исследований в формалине при расчете интенсивности питания фауны влияние консервации в формалине на изотопный состав нивелируется. По возвращении в лабораторию необходимо определить объем маркированного материала, попадающего в жирные кислоты микроорганизмов и биомассу фауны (т. е. метаболическую/пищевую активность), используя подходы, описанные в работах Stratmann et al. (2018) и Sweetman et al. (2019).

318. Данные о природном изотопном составе фауны ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ), проб из седиментационных ловушек и отложений следует получать посредством масс-спектрометрии изотопных соотношений с помощью оборудования, имеющегося у академических учреждений и коммерческих лабораторий. Данные по образцам, законсервированным в формалине, должны корректироваться для учета этого обстоятельства. Откорректированные значения и информация об элементах пищевой сети используются для установления основных источников пищи фауны, образцы которой были отобраны, с использованием модели смешивания изотопов (например, MixSIAR) (Harbour et al., 2020), а также количества трофических уровней, присутствующих в бентической пищевой сети.

319. Параметры, которые необходимо зафиксировать для анализа природных изотопов, — это перечни видов, состав и биомасса  $\delta^{13}\text{C}$  и  $\delta^{15}\text{N}$  (в мкг С и N), а также методы анализа, количество образцов и соответствующие оценки погрешности.

320. Параметры, которые необходимо зафиксировать для изотопной маркировки, — это перечни видов, скорость поглощения углерода микроорганизмами, мейофауной и макрофауной из различных органических и неорганических источников (в ммоль С  $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ), идентификация ключевых представителей фауны, питающихся микроорганизмами, и глубина перемешивания органического материала в отложениях в краткосрочной перспективе, если образцы отложений отбираются для определения общего органического  $^{13}\text{C}$ . Здесь необходимо указывать средние значения, количество проб и соответствующие оценки погрешностей.

321. Кроме того, следует документировать изотопный состав ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) в тканях бентической фауны, производство маркированного  $^{13}\text{C}$  растворенного неорганического углерода, состав  $^{13}\text{C}$  микробных жирных кислот и биомассы фауны и распределение маркированного  $^{13}\text{C}$  детрита по глубине отложений.

322. На основании этих измерений необходимо определять следующее: количество углерода, попадающего в биомассу микроорганизмов и фауны морского дна на единицу площади в единицу времени (т. е. метаболизм или питание), количество трофических уровней в пищевой сети, главные источники потребляемой пищи, вклад различных видов пищи в рацион различных видов фауны, трофическую структуру мейофауны и макрофауны, скорость круговорота углерода микроорганизмов и фауны, скорость кратковременного перемешивания отложений и интенсивность дыхания.

## **Н. Измеряемая переменная: экотоксикология**

323. Для установления потенциального экотоксикологического риска добычи руды следует опираться на несколько источников данных (или наборов доказательств). Источники данных могут быть разделены на отдельные компоненты для сбора доказательств, имеющих достаточный вес для установления относительного токсического риска в отношении конкретного ресурса и конкретной

добычной операции (подход, основанный на весомости доказательств) (Regoli et al., 2019). Практическое руководство по оценке качества отложений (Simpson and Batley, 2016) содержит более подробную информацию о соответствующих мерах, но следует иметь в виду, что ни одна из них еще не была опробована в глубоководных районах моря.

324. Совокупность доказательств включает в себя данные, относящиеся к следующим наборам доказательств:

- a) физико-химические свойства отложений/минералов;
- b) лабораторные экотоксикологические биопробы;
- c) биоаккумуляция металлов в индикаторных видах;
- d) сублетальный эффект/биомаркеры в индикаторных видах.

325. Каждый набор доказательств необходимо проанализировать наиболее подходящим количественным методом; они должны анализироваться на этапе сбора фоновых данных.

326. Для идентификации металлов и комплексов металлов, которые будут влиять на общий потенциальный риск токсического воздействия на биологические виды, следует определять минералогические характеристики ресурсов и отложений для определения относительного соотношения видов минералов и металлов.

327. Кроме того, в течение как минимум одного 12-месячного сезонного цикла в бентической и пелагической (по всей глубине) зоне необходимо не менее четырех раз отбирать биологические образцы ключевых видов, доминирующих в биомассе или пищевой сети (по крайней мере из трех таксономических групп, но см. обсуждение в части R.10.3.2 публикации ЕСНА, 2008), для определения базовых концентраций металлов, других органических загрязнителей и уровней биохимических и клеточных биомаркеров в ключевых бентических, абиссопелагических и батипелагических видах. Биомаркеры являются сигналами раннего предупреждения о нарушении здоровья экосистемы (Andersen, 1997; Simpson and Batley, 2016; Mestre et al., 2017).

328. Активацию путей антиоксидантной детоксификации следует оценивать с помощью существующих методов биомаркерного анализа (обобщенные данные приведены в Simpson and Batley, 2016). К ним относится биомаркерный анализ активности тканевой супероксиддисмутазы, проводимый методом спектрофотометрического определения восстановления цитохрома «с» с помощью системы ксантиноксидазы/гипоксантина при 550 нм (например, McCord and Fridovich, 1969). Прочие антиоксидантные анализы, которые можно было бы провести, включают в себя количественное определение концентрации металлотионеина с помощью дифференциальной импульсной полярографии (например, Bebianno and Langstone, 1989; Mourgaud et al., 2002), а также ферментативные анализы активности каталазы, глутатионпероксидазы и глутатион-S-трансферазы (Auguste et al., 2016).

329. Далее следует установить относительную экотоксичность различных фаз минералов/отложений (например, дисперсной и водной) для биологических организмов в ходе контролируемых, стандартизированных лабораторных экспериментов с замещающими биологическими видами. Общая токсичность ресурса может быть установлена без априорного знания точного минерального состава. На основании действующих лабораторных протоколов можно оценить относительную токсичность фаз общего ресурса (относительно известных стандартов чистых минералов, которые, как ожидается, присутствуют в данном конкретном

ресурсе). На основании действующих лабораторных протоколов следует количественно определить относительную токсичность различных фаз общего ресурса (относительно известных стандартов чистых минералов, например  $\text{CuFeS}_2$ ). Эксперименты с водной фазой (например, выщелачивание металлических минералов с только что обнаженной поверхности) и твердой фазой следует проводить для имитации предполагаемой добычной операции, воспроизводя размер фрагментов/частиц и продолжительность/температуру выщелачивания (например, Brown and Hutton, 2018; Knight et al., 2018). Для определения экотоксичности общего ресурса следует опираться на данные, приведенные в работе Simpson and Batley (2016), и международно признанные стандартные протоколы (например, ЕСНА 2008, ЕСНА 2016).

330. Потенциальная токсичность сбросных шлейфов в результате удаления воды для контрольных биологических видов на предполагаемой глубине сброса должна оцениваться на основе планов оператора по извлечению руды, перемещению по стояку на поверхность, удалению воды из шлама и транспортировке. Эталонные биологические виды могут включать культуры цианобактерий (например, *Prochlorococcus*, *Synechococcus* или *Cyanobium*) в эпипелагической зоне, зоопланктон (например, каланоидные или циклопоидные копеподы) или книдарии (или аналогичный студенистый зоопланктон) (например, *Aurelia* или *Nematostella*) для сбросных шлейфов в мезо- и батипелагической зоне, а также рыб (например, *Oryzias melastigma*) (Bo et al., 2011; Kong et al., 2008).

331. Следует определить летальную концентрацию ( $\text{LC}_{50}$ ) или летальную дозу ( $\text{LD}_{50}$ ) токсичных материалов в потенциальных сбросных шлейфах в результате удаления воды из шлама для соответствующих контрольных видов макрофауны, а также хронические или сублетальные токсические последствия от контакта с твердой или водной фазой общего минерала или шлейфа в результате удаления воды и активность наиболее значимых биомаркеров.

## **I. Измеряемая переменная: морские млекопитающие, акулы, черепахи и поверхностный нектон**

332. Для сбора информации о морских млекопитающих, акулах, черепахах и поверхностном нектоне следует вести комбинированные наблюдения за линейными трансектами с борта судна в соответствии со стандартными методами, описанными в публикациях Buckland et al. (2001), Barlow and Forney (2007), Verfuss et al. (2018) и на сайте проекта SCANS II. Эту работу следует проводить на каждой станции в светлое время суток при движении судна с постоянной скоростью 9–10 узлов по сетчатой схеме, а также использовать буксируемые гидрофоны для улавливания голосов морских млекопитающих. Собранная таким образом информация должна дополняться данными со станций пассивного гидроакустического мониторинга, размещенных на океанографических заякоренных буйках для непрерывного наблюдения за звуками, издаваемыми морскими млекопитающими, в течение нескольких полных годовых циклов.

333. Параметры, которые необходимо зафиксировать, — это размер групп, обнаруженные виды (для морских млекопитающих может оказаться возможным идентифицировать конкретные особи) и численность этих видов. По возможности следует делать фотографии.

## Ж. Измеряемая переменная: морские птицы

334. Для всестороннего понимания параметров распределения и численности морских птиц и воздействия на них деятельности человека в море необходимо получать информацию из нескольких источников. Необходимо отслеживать факторы, привлекающие морских птиц к объектам инфраструктуры и судам (как движущимся, так и стационарным) и приводящие к столкновению морских птиц с инфраструктурой и судами, вести систематический учет численности морских птиц, собирать и анализировать ранее полученные данные по итогам наблюдений за морскими птицами, включая широкодоступные слои ГИС-карт, например по морским районам, важным для птиц и ресурсов биоразнообразия, и ключевым районам биоразнообразия, а также анализировать полученную в ходе программ мониторинга информацию о гнездовых (например, о гнездовой численности, демографических параметрах или репродуктивном успехе). Кроме того, необходимо по возможности отслеживать соответствующие виды и популяции.

335. Численность и факторы привлечения морских птиц следует изучать со стационарных платформ или судов посредством визуальных наблюдений, формирования изображений и наблюдений с помощью радаров. В ходе визуальных наблюдений со стационарных судов необходимо вести одномоментный подсчет (так называемый «моментальный снимок численности») птиц в радиусе полукруга (обычно до 300–500 м) в течение 10–15 минут через регулярные промежутки времени (например, 20–60 минут) (Gjerdrum et al., 2012; Bolduc and Fifield, 2017). Для оценки численности морских птиц и риска столкновений следует использовать морские радары (Gauthreaux and Belser, 2003; Desholm and Kahlert, 2005; Bertram et al., 2015; Assali et al., 2017). Кроме того, распространенность и факторы привлечения морских птиц следует оценивать путем учета численности морских птиц с помощью линейных трансект с судов или самолетов (Camphuysen et al., 2004; Ronconi and Burger, 2009; Gjerdrum et al., 2012).

336. По возможности следует вести систематический поиск и сбор тушек морских птиц, погибших в результате столкновения, и хранить их в замороженном виде в постоянных хранилищах для будущего изучения на предмет содержания новых загрязняющих веществ, а также исследовать их на наличие загрязняющих веществ в различных тканях (Gochfeld, 1973; Barbieri et al., 2010; Amélineau et al., 2016). Целью является установление базовых параметров, относительно которых можно будет сравнивать содержимое тканей в тушках птиц, собранных во время операций. Анализировать необходимо широкий спектр загрязняющих веществ, особенно тех, которые могут попасть в окружающую среду в ходе добычной деятельности.

337. Для оценки важности того или иного района для морских птиц (и других морских хищников) необходимо запрашивать и использовать соответствующие наборы данных. По многим высшим морским хищникам имеются данные по итогам наблюдения за ними в море. В настоящее время осуществляется несколько глобальных инициатив, в рамках которых регулярно собираются и анализируются подборки данных о морских мигрирующих видах в целях выявления важных морских районов, включая важные районы обитания птиц и биоразнообразия (<https://maps.birdlife.org/marineibas>) и ключевые районы биоразнообразия ([www.keybiodiversityareas.org](http://www.keybiodiversityareas.org)). Среди этих инициатив — база данных по отслеживанию морских птиц ([www.seabirdtracking.org/](http://www.seabirdtracking.org/)), проект по изучению связности мигрирующих видов в океане (<https://mico.eco>) и платформа Movebank по отслеживанию перемещений животных ([www.movebank.org/cms/movebank-main](http://www.movebank.org/cms/movebank-main)).



338. Благодаря данным отслеживания можно установить происхождение морских птиц, встречающихся в конкретном районе, и таким образом выявить их исходную популяцию и наблюдать за ней. Данные отслеживания также позволяют дать точную оценку численности популяции и идентифицировать виды, время от времени посещающие конкретный район (некоторые из них трудно идентифицировать в море с судна или платформы), определить репродуктивный статус, сезонные изменения, конкретные популяции, залетающие в данный район, и даже возрастно-половую структуру временно присутствующих в районе животных. На основании этой информации следует идентифицировать исходные гнездовые колонии. Программы мониторинга, проводимые в этих гнездовых колониях, обеспечивают дополнительные исходные данные, которые необходимо изучать.

339. Документирование параметров необходимо вести на протяжении всего года следующим образом:

а) по результатам визуальных наблюдений, учета численности, формирования изображений или съемок с помощью радара: относительная и абсолютная численность морских птиц, идентифицированных до как можно более низкого таксономического уровня, обычно уровня вида, и, если это возможно, учет пола, возраста и вариаций оперения в зависимости от сезона или морфы; индексы разнообразия; и использование соответствующего района и судоходного пути с течением времени;

б) по данным отслеживания: расчетная доля птиц из каждой колонии на определенной территории и вдоль определенного судоходного маршрута, использующих эту территорию или судоходный маршрут в течение определенного времени, с указанием вида, популяции, гнездовой колонии, репродуктивного статуса, пола и возраста;

в) по итогам программ мониторинга: размер популяции, репродуктивный успех, выживаемость молодняка, неполовозрелых и взрослых особей, возраст созревания, динамика популяции и оценка жизнеспособности популяции и времени, оставшегося до ее исчезновения;

г) по данным о столкновениях и собранных тушках: количество смертей в день на протяжении времени в разбивке по виду, полу, уровню половой зрелости, линьке и состоянию тела. Необходимо собрать ткани из печени, мышц, жира и перьев и определять концентрацию загрязняющих веществ (по перечню Стокгольмской конвенции) в этих тканях; также необходимо анализировать содержимое желудка и определять количество микрочастиц пластмасс и микроволокна в желудке.

## **К. Качество данных**

340. Для временного пробоотбора следует по возможности выбирать тот же общий участок, что и при предыдущих исследованиях. Образцы для временного анализа должны быть достаточного размера для достоверного установления интересующих параметров. В целях повышения сопоставимости размер проб в ходе разных обследований должен быть неизменным.

341. Наборы данных, собранных или проанализированных разными исследователями, должны быть стандартизированы для обеспечения возможности сопоставления. Это особенно важно при исследованиях временного ряда или исследованиях, для которых используется несколько операторов. При обнаружении несоответствий необходим дальнейший контроль качества.

342. Сравнение результатов обследований мегафауны можно проводить даже в том случае, если методы сбора данных не идентичны. При этом достоверное сравнение зависит от наличия точных количественно охарактеризованных (масштабированных) изображений и как можно большей последовательности в качестве изображений (в том, что касается разрешения, освещения, цветового баланса и т. д.). При любых последующих сравнениях следует тщательно оценивать возможность методологической погрешности между исследованиями; например, необходимо оценивать факторы, влияющие на ключевые таксоны, чтобы убедиться, что они четко различаются в разных наборах данных. Наличие методологических погрешностей следует принимать за данность, пока не будет доказано обратное.

343. В интересах обеспечения приемлемого качества изображений освещение должно быть достаточным для почти равномерного охвата всего участка морского дна с заданной высоты, настройки устройства, такие как приближение и экспозиция, должны быть постоянными на протяжении всего исследования, а камера не должна перемещаться относительно своей платформы на любой трансекте (например, с помощью поворотного устройства на ТНПА).

344. Все изображения должны быть правильно масштабированы на основании фотограмметрического подхода, для чего требуется точная информация о высоте размещения и наклоне камеры. Данные альтиметра должны быть точными до  $\pm 10$  мм. Для проверки расчетов необходимо получить пробные изображения морского дна заданного масштаба. Альтернативным подходом является лазерная проекция морского дна.

345. Многие организмы могут быть идентифицированы до уровня вида только путем изучения особенностей, не видимых на фотографиях (например, скрытых, внутренних или микроскопических особенностей). Для молекулярного и других подходов (например, геномика, транскриптомика или популяционная генетика) требуются образцы. В этой связи необходимо получать достоверные образцы отдельных экземпляров, которые связаны с изображениями *in situ*, изображениями *ex situ*, образцами тканей и образцом для морфологического анализа от одной и той же особи. Такие образцы лучше всего получать с помощью телеуправляемого или управляемого человеком аппарата. Это крайне важно для многих таксонов, особенно мягкотелых форм (например, анемонов), которые в живом виде на морском дне выглядят совсем иначе, чем на поверхности после извлечения.

346. Вся идентификация должна проводиться до как можно более низкого таксономического уровня. Кроме того, необходимо предоставить таксономические ключи и ссылки, использованные для определения обозначений, с тем чтобы обеспечить эквивалентность идентификаторов.

347. На основе молекулярной идентификации путем штрихкодирования (последовательности Сэнгера) и меташтрихкодирования (варианты последовательности ампликонов) можно получить перечень видов или родов, установленных путем сопоставления полученных генетических данных с данными, имеющимися в общедоступных справочных базах данных, таких как GenBank ([www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank)). Для этой работы можно использовать средство поиска основного локального выравнивания (BLAST) или классификатор проекта «Рибосомная база данных».

348. Надлежащим методом оценки биомассы является модель круговорота экологического материала; в этом отношении классификация по размеру лучше, чем классификация по таксономии.

349. Когда требуются более крупные пробы, чем те, которые можно собрать с помощью точных методов, допустимо применение тралов или эпибентических салазков. При этом следует проявлять осторожность, поскольку эти средства могут вызывать возмущения на достаточно больших участках морского дна и их использование может потребовать проведения оценки экологического воздействия (см. [ISBA/25/LTC/6/Rev.1](#) и [ISBA/25/LTC/6/Rev.1/Corr.1](#)) и повлиять на другие мероприятия по отбору проб.

350. Чтобы определить, было ли собрано достаточное количество особей для определения свойств сообществ, необходимо выполнить анализ кривой коллектора, также называемый анализом Чао. Учитывая малое количество особей и высокий показатель разнообразия этот шаг, скорее всего, потребует.

351. Для обеспечения статистической точности необходимо отобрать достаточное количество повторных проб. Количество повторных проб зависит от плотности или изобилия исследуемого таксона и его вариантности. Для того чтобы продемонстрировать статистическую точность, с учетом фактических данных, основанных на фоновых показателях, необходимо представить информацию о мощности анализа вариантности до/после контрольного воздействия. Анализ мощности должен быть представлен с учетом шкалы  $d$  величины эффекта Коэна (низкое значение  $d=0,2$ , среднее  $d=0,5$ , высокое  $d=0,8$ ) (Cohen, 1988). Количество повторных проб должно быть достаточным для достижения мощности в 95% (Ardron et al. 2019).

352. Количество конкреций, необходимых для изучения связанной с ними фауны, зависит от плотности залегания конкреций в исследуемом районе и количества конкреций, фактически собранных коробчатым или другим пробоотборником. Для исследования бентического биоразнообразия необходимо произвольно собрать около 25 конкреций. Для обеспечения большего пространственного охвата в ходе исследований по установлению фоновых данных и мониторингу в каждой физиографической зоне необходимо отбирать пробы из как минимум из трех брусковых кернов.

353. При несбалансированном плане пробоотбора индексы разнообразия должны быть разрежены до наименьшего количества репликаторов.

354. Количество морских птиц зависит от конкретного места; установить происхождение, репродуктивный статус, возраст или пол наблюдаемых морских птиц будет невозможно. Идентификация морских птиц в море — это сложная задача, которую должен выполнять квалифицированный орнитолог, пользуясь одним из глобальных справочников по идентификации морских птиц (например, Harrison, 2000; Howell and Zuflet, 2019). Большинство данных по отслеживанию морских птиц имеют погрешности или ограничены конкретными видами (некоторые мелкие, но в основном средние и крупные виды), определенными периодами годового цикла и определенными этапами развития (обычно взрослые размножающиеся особи).

## **L. Распоряжение данными**

355. По всем собранным образцам должны иметься метаданные, включая глубину, широту, долготу и субстрат, в котором они встречаются (например, конкреции, инфауна, связь с другими организмами). На основании этих метаданных в соответствии со стандартом Darwin Core создаются каталоги видов.

356. Контрольные экземпляры всех образцов должны быть переданы на хранение в музей или национальные коллекционные фонды, чтобы сделать их доступными для научного сообщества. При этом способ хранения должен

соответствовать типу анализа, который будет проводиться (например, формалин или этанол для морфологической идентификации, этанол или замораживание для молекулярного анализа). Некоторые методы анализа (например, экотоксикология) не позволяют хранить образец целиком; в таких случаях необходимо взять несколько образцов тканей (по крайней мере мышц, перьев, кишечного жира и печени) и хранить их по отдельности.

357. Выделенную ДНК следует помещать в криохранилища музеев. Генетические последовательности должны храниться в свободных репозиториях, таких как GenBank ([www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank)) или Barcode of Life Data System ([www.boldsystems.org](http://www.boldsystems.org)). Генотипы должны храниться в свободных репозиториях, таких как Dryad (<https://datadryad.org/stash>) или Pangaea ([www.pangaea.de](http://www.pangaea.de)). Данные о секвенировании ДНК, связанном с сайтом рестрикции, должны размещаться в свободных репозиториях, таких как база данных Sequence Read Archive Национального центра биотехнологической информации (**Error! Hyperlink reference not valid.**). Данные секвенирования по методу Сэнгера и высокопроизводительного секвенирования должны архивироваться в общедоступных базах данных вместе со всеми соответствующими метаданными, в частности информацией о привязке к местности. Для данных по методу Сэнгера следует использовать GenBank, а для данных высокопроизводительного секвенирования — Sequence Read Archive; при этом данные высокопроизводительного секвенирования должны загружаться в распакованном виде, т. е. два файла для чтения на образец.

358. По возможности идентификационная информация должна сопровождаться фотоматериалами на случай потребности в ее повторном анализе.

359. В идеале изображения должны храниться и в том виде, в котором они были запечатлены камерой (в первичном формате), и в том виде, в котором они были обработаны для анализа (в другом формате). Как необработанные, так и обработанные графические файлы должны быть связаны с метаданными исследования путем присвоения им уникального наименования, с тем чтобы наборы данных можно было легко объединять.

360. Необработанные данные и информация о месте и способе хранения образцов должны представляться Органу в составе годовых отчетов и в качестве метаданных в составе данных, представляемых контрактором для базы данных DeepData Органа.

## VIII. Библиография

Allen, JT, Fuda, J-L Perivoliotis, L, Munoz-Mas, C, Alou, E, Reeve, K (2018) Guidelines for the delayed mode scientific correction of glider data. WP 5, Task 5.7, D5.15. Version 4.1. Palma de Mallorca, Spain, SOCIB – Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System for JERICO-NEXT, 20pp (JERICO-NEXT-WP5-D5.15-140818-V4.1) <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-430>.

Allen, JT, Munoz, C, Gardiner, J, Reeve, KA, Alou-Font, E, Zarokanellos, N (2020) Near-Automatic Routine Field Calibration/Correction of Glider Salinity Data Using Whitespace Maximization Image Analysis of Theta/S Data. *Frontiers in Marine Science*, 7:398,14pp. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00398>.

Alve, E, Korsun, S, Schönfeld, J, Dijkstra, N, Golikova, E, Hess, S, Husum, K, Panieri, G (2016) Foram-AMBI: a sensitivity index based on benthic foraminiferal faunas from North-East Atlantic and Arctic fjords, continental shelves and slopes. *Mar. Micropaleontol.* 122, 1-12.

- Amélineau F, Bonnet D, Heitz O, Mortreux V, Harding AMA, Karnovsky N, Walkusz W, Fort J, Grémillet D (2016) Microplastic pollution in the Greenland Sea: Background levels and selective contamination of planktivorous diving seabirds. *ENVIRON POLLUT* 219:1131-1139.
- Andersen, NR (1997) An early warning system for the health of the oceans. *Oceanography* 10.1 (1997): 14-23. <https://doi.org/10.5670/oceanog.1997.39>.
- Andrews KR, Good JM, Miller MR, Luikart G, Hohenlohe, PA (2016) Harnessing the power of RADseq for ecological and evolutionary genomics. *Nature Reviews Genetics*, 17, 81–92.
- Ardron JA, Simon-Lledó E, Jones DO, Ruhl HÁ (2019). Detecting the Effects of Deep-Seabed Nodule Mining: Simulations Using Megafaunal Data from the Clarion-Clipperton Zone. *Frontiers in Marine Science*, 6:604.
- Assali C, Bez N, Tremblay Y (2017) Seabird distribution patterns observed with fishing vessel's radar reveal previously undescribed sub-meso-scale clusters. *Scientific Reports* 7:1423.
- Auguste, M, Mestre, NC, Rocha, TL, Cardoso, C, Cueff-Gauchard, V, Le Bloa, S, Cambon-Bonavita, MA, Shillito, B, Zbinden, M, Ravaux, J, Bebianno, MJ (2016) Development of an ecotoxicological protocol for the deep-sea fauna using the hydrothermal vent shrimp *Rimicaris exoculata*. *Aquatic Toxicology* 175: 277–285. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.03.024>.
- Barbieri E, Passos EDA, Filippini A, Dos Santos IS, Garcia CAB (2010) Assessment of trace metal concentration in feathers of seabird (*Larus dominicanus*) sampled in the Florianópolis, SC, Brazilian coast. *ENVIRON MONIT ASSESS* 169:631-638.
- Barlow, J, Forney, KA (2007) Abundance and population density of cetaceans in the California Current ecosystem. *Fishery Bulletin*, 105, 509–526.
- Basu, S, Jones, A, Mahzari, P (2020) Best Practices for Shale Core Handling: Transportation, Sampling and Storage for Conduction of Analyses. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(2):136. <https://doi.org/10.3390/jmse8020136>.
- Becker, S., Aoyama, M., Woodward, E.M.S., Bakker, K., Coverly, S., Mahaffey, C., Tanhua, T. (2019) GO-SHIP Repeat Hydrography Nutrient Manual: The precise and accurate determination of dissolved inorganic nutrients in seawater, using Continuous Flow Analysis methods. In: GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines. Version 1.1, 56 pp. <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-555>.
- Bebianno, MJ, Langston, WJ (1989) Quantification of metallothioneins in marine invertebrates using differential pulse polarography. *Portugaliae Electrochimica Acta* 7: 511–524.
- Beerli, P, Palczewski, M (2010) Unified framework to evaluate panmixia and migration direction among multiple sampling locations. *Genetics*, 185(1), 313-326.
- Benoit-Bird, KJ, Moline, MA, Southall, BL (2017) Prey in oceanic sound scattering layers organize to get a little help from their friends. *Limnol. Oceanogr.* 62, 2017, 2788–2798.
- Bernstein, BB, Hessler, RR, Smith, R, Jumars, PA (1978) Spatial dispersion of benthic Foraminifera in the abyssal central North Pacific, *Limnology and Oceanography* 23: 401-416.
- Bertram, DF, Drever, MC, McAllister, MK, Schroeder, BK, Lindsay, DJ, Faust, DA (2015) Estimation of coast-wide population trends of Marbled Murrelets in Canada using a Bayesian hierarchical model. *PloS one*, 10(8), e0134891.

- Bhadury, P, Austen, MC, Bilton, DT, Lambshead, PJD, Rogers, AD, Smerdon, GR (2006) Development and evaluation of a DNA-barcoding approach for the rapid identification of nematodes. *Marine Ecology Progress Series* 320: 1-9.
- Biber, A, Korakci, A, Golick, A, Robinson, S, Hayman, G, Ablitt, J, Barrera-Figueroa, S, Buogo, S, Mauro, S, Borsani, J, Curcuruto, S, Linné, M, Sigray, P, Davidsson, P (2018) Calibration standards for hydrophones and autonomous underwater noise recorders for frequencies below 1 kHz: current activities of EMPIR “UNAC-LOW” project. *ACTA IMEKO*. 7. 32. [http://dx.doi.org/10.21014/acta\\_imeko.v7i2.542](http://dx.doi.org/10.21014/acta_imeko.v7i2.542).
- Bishop, JKB, Lam, PJ, Wood, TJ (2012), Getting good particles: Accurate sampling of particles by large volume in-situ filtration, *Limnol. Oceanogr. Methods*, 10, <https://doi.org/10.4319/lom.2012.10.681>.
- Bittig, HC, Körtzinger, A, Neill, C, van Ooijen, E, Plant, JN, Hahn, J (2018): Oxygen Optode Sensors: Principle, Characterization, Calibration, and Application in the Ocean. In: *Frontiers in Marine Science* 4, S. 429. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00429>.
- Bo, J, Cai, L, Xu, JH, Wang, KJ, Au, DWT (2011) The marine medaka *Oryzias melastigma* - A potential marine fish model for innate immune study. *Marine Pollution Bulletin* 63: 267-276. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.014>.
- Boetius, A, Wenzhöfer, F (2013) Seafloor oxygen consumption fuelled by methane from cold seeps. *Nature Geosciences* 6: 725-734, <https://doi.org/10.1038/ngeo1926>.
- Bolduc, F, Fifield, DA (2017). Seabirds at-sea surveys: The line-transect method outperforms the point-transect alternative. *The Open Ornithology Journal*, 10(1).
- Boss, E, Guidi, L, Richardson, MJ, Stemann, L, Gardner, W, Bishop, JKB, Anderson, RF, Sherrell, RM (2015) Optical techniques for remote and in-situ characterization of particles pertinent to GEOTRACES, *Progress in Oceanography*, Volume 133, April 2015, 43-54, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2014.09.007>.
- Boxhammer, T, Taucher J, Bach LT, Achterberg EP, Algueró-Muñiz M, Bellworthy J, et al. (2018) Enhanced transfer of organic matter to higher trophic levels caused by ocean acidification and its implications for export production: A mass balance approach. *PloS ONE* 13(5): e0197502.
- Breitwieser, FP, Lu, J, Salzberg, SL (2017) A review of methods and databases for metagenomic classification and assembly. *Briefings in Bioinformatics*, 20(4) 1-15. <https://doi.org/10.1093/bib/bbx120>.
- Brown, A, Hauton, C (2018) Ecotoxicological responses to chalcopyrite exposure in a proxy for deep-sea hydrothermal vent shrimp: Implications for seafloor massive sulphide mining. *Chemistry and Ecology* 34: 391-396. <https://doi.org/10.1080/02757540.2018.1427231>.
- Buckland, ST, Anderson, DR, Burnham, KP, Laake, JL, Borchers, DL, Thomas, L (2001) *Introduction to distance sampling: Estimating abundance of biological populations*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Bushnell, M, Waldmann, C, Seitz, S, Buckley, E, Tamburri, M, Hermes, J, Henslop, E, Lara-Lopez, A, (2019) Quality Assurance of Oceanographic Observations: Standards and Guidance Adopted by an International Partnership. *Front. Mar. Sci.* 19. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00706>.
- Camphuysen CJ, Fox AD, Leopold MF, Petersen IK (2004) Towards standardized seabirds at-sea census techniques in connection with environmental impact assessments for offshore wind farms in the U.K: A comparison of ship and aerial sampling methods for marine birds and their applicability to offshore wind farm assessments. *Texel 2004*; pp. 37.



Carey WM, Evans RB (2011) *Ocean Ambient Noise: Measurement and Theory*. The Underwater Acoustics Series. Springer New York 266 pp.

Christodoulou M, O'hara T, Hugall AF, Khodami S, Rodrigues CF, Hilario A, Vink A, Martinez Arbizu P (2020). Unexpected high abyssal ophiuroid diversity in polymetallic nodule fields of the northeast Pacific Ocean and implications for conservation. *Biogeosciences* 17, 1845-1876. <https://doi.org/10.5194/bg-17-1845-2020>.

Cohen J (1988), *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.), New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Cook, AB, Sutton TT, Galbraith JK, Vecchione, M (2013) Deep-pelagic (0–3000m) fish assemblage structure over the Mid-Atlantic Ridge in the area of the Charlie-Gibbs Fracture Zone. *Deep Sea Research Part II*, 98B: 279-291, <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2012.09.003>.

Coppola, L, Ntomas, M, Bozzano, R, Bensi, M, Hartman, SE, Charcos Llorens, Mi, Craig, J, Rolin, J-F, Giovanetti, G, Cano, D, Karstensen, J, Cianca, A, Toma, D, Stasch, C, Pensieri, S, Cardin, V, Tengberg, A, Petihakis, G, Cristini, L (2016) Handbook of best practices for open ocean fixed observatories. European Commission, FixO3 Project, 127pp (European Commission, FixO3 project, FP7 Programme 2007-2013 under grant agreement n° 312463). <http://hdl.handle.net/11329/302>.

Cox, MJ, Letessier TB, Brierley AS (2013) Zooplankton and micronekton biovolume at the Mid-Atlantic Ridge and Charlie–Gibbs Fracture Zone estimated by multi-frequency acoustic survey, *Deep Sea Research Part II*, 98B: 269-278, <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.07.020>.

Danovaro R, Fanelli E, Aguzzi J, Billett D, Carugati L, Corinaldesi C, Dell'Anno A, Gjerde K, Jamieson AJ, Kark S, McClain C, Levin L, Levin N, Ramirez-Llodra E, Ruhl E, Smith CR, Snelgrove PVR, Thomsen L, Van Dover CL and Yasuhara M (2020) Ecological variables for developing a global deep-ocean monitoring and conservation strategy. *Nature Ecology & Evolution* 4, 181-192.

Data Buoy Cooperation Panel (2011) *Sea surface salinity quality control processes for potential use on data buoy observations*. Version 1.3, Geneva, Switzerland, Intergovernmental Oceanographic Commission/World Meteorological Organization, 17pp (DBCP Technical Document 42). <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-415>.

Davies AJ, Duineveld GCA, Lavaleye MSS, Bergman MJN, van Haren H, Roberts JM (2009). Downwelling and deep-water bottom currents as food supply mechanisms to the cold-water coral *Lophelia pertusa* (Scleractinia) at the Mingulay Reef complex. *Limnology and Oceanography* 54:620-629.

Desholm, M, Kahlert, J (2005). Avian collision risk at an offshore wind farm. *Biology letters*, 1(3), 296-298.

Dickson, AG, Sabine, CL, Christian, JR (eds) (2007) *Guide to best practices for ocean CO2 measurement*. Sidney, British Columbia, North Pacific Marine Science Organization, 191pp (PICES Special Publication 3; IOCCP Report 8).

Duran Munoz P, Sacau M, Garcfa-Alegre A. Roman E (2020) Cold-water corals and deep-sea sponges by-catch mitigation: Dealing with groundfish survey data in the management of the northwest Atlantic Ocean high seas fisheries, *Marine Policy* 116. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103712>.

ECHA (2008) *Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.10: Characterisation of dose [concentration]-response for environment*. 65 pp.

[https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information\\_requirements\\_r10\\_en.pdf](https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r10_en.pdf).

ECHA (2016) Guidance on information requirements and Chemical Safety Assessment Chapter R.16: Environmental exposure assessment. 178pp. [http://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information\\_requirements\\_r16\\_en.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r16_en.pdf).

EGO Gliders Data Management Team (2020) EGO gliders NetCDF format reference manual NetCDF conventions Reference tables and files distribution Version 1.3. IFREMER, 67pp. <https://doi.org/10.13155/34980>.

Erickson, ZK, Frankenberg, C, Thompson, DR, Thompson, AF, Gierach, M (2019). Remote sensing of chlorophyll fluorescence in the ocean using imaging spectrometry: Towards a vertical profile of fluorescence. *Geophysical Research Letters*. <https://doi.org/10.1029/2018GL081273>.

EuroGOOS DATA-MEQ Working Group (2010) Recommendations for in-situ data Near Real Time Quality Control [Version 1.2]. EuroGOOS, 23 pp.

European Commission (2011) EUR 24872 – Guide to best practices for ocean acidification research and data reporting. Riebesell U, Fabry VJ, Hansson L, Gattuso J-P (eds.), Publication Office of the European Union, Luxembourg, 260 pp., doi:10.2777/66906.

Firing, E, Hummon, JM (2010) Shipboard ADCP measurements – The GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines. IOCCP Report No. 1, ICPO Publications Series No. 134, Version 1.

Garcia, R, Rigaud V, Huvenne, V, Morris K, Marsh, L, Köser, K, Greinert, J, Jones, D (2015) 3.1.2 Optical seafloor monitoring including image analysis techniques. MIDAS D10.1: Compilation of existing deep-sea ecosystem monitoring technologies in European research and industry: Assessment of applicability and identification of gaps, p.45-51.

Gauthreaux, SA(Jr), Belser, CG (2003). Radar ornithology and biological conservation. *The Auk* 120: 266–277.

Geibert, W, Stimac, I, Rutgers van der Loeff, MM, Kuhn, G (2019) Dating Deep-Sea Sediments With <sup>230</sup>Th Excess Using a Constant Rate of Supply Model. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 34. 1895-1912. <https://doi.org/10.1029/2019PA003663>.

GEOTRACES Cookbook: Sampling and Sample-handling Protocols for GEOTRACES Cruises (Cookbook, version 3.0, 2017), <https://www.geotraces.org/methods-cookbook/>.

Giering, SLC, Cavan, EL, Basedow, SL, Briggs, N, Burd, AB, Darroch, LJ, Guidi, L, Irisson, J.-O, Iversen, MH, Kiko, R, Lindsay, D, Marcolin, CR, McDonnell, AMP, Möller, KO, Passow, U, Thomalla, S, Trull, TW, Waite, AM (2020) Sinking Organic Particles in the Ocean—Flux Estimates From in situ Optical Devices. *Front. Mar. Sci.* 18. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00834>.

Gieskes, J, Gamo, T, Brumsack, H (1991) Chemical methods for interstitial water analysis aboard JOIDES Resolution. ODP Tech Note, 15. Doi:10.2973/odp.tn.15.1991.

Gjerdrum, C, Fifield, DA, Wilhelm, SI (2012) Eastern Canada Seabirds at Sea (ECSAS) standardized protocol for pelagic seabird surveys from moving and stationary platforms. Canadian Wildlife Service Technical Report Series No. 515. Atlantic Region. Vi + 37 pp.



Glover, AG, Dahlgren, TG, Wiklund, H, Mohrbeck, I, Smith, CR (2016) An end-to-end DNA taxonomy methodology for benthic biodiversity survey in the Clarion-Clipperton Zone, central Pacific abyss. *Journal of Marine Science and Engineering*, 4(1), 2.

Gochfeld M (1973) Effect of artefact pollution on the viability of seabird colonies on Long Island, New York. *Environmental Pollution* (1970) 4:1-6.

Goineau, A, Gooday, AJ (2017) Novel benthic foraminifera are abundant and diverse in an area of the abyssal equatorial Pacific licensed for polymetallic nodule exploration. *Sci Rep* 7: 45288 <https://doi.org/10.1038/srep45288>.

Goineau, A., Gooday, AJ, (2019) Diversity and spatial patterns of foraminiferal assemblages in the eastern Clarion–Clipperton zone (abyssal eastern equatorial Pacific). *Deep-Sea Research I*: <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2019.04.014>.

Gomes-Pereira, JN, Auger, V, Beisiegel, K, Benjamin, R, Bergmann, M, Bowden, D, Buhl-Mortensen, P, De Leo, FC, Dionísio, G, Durden, JM, Edwards, L, Friedman, A, Greinert, J, Jacobsen-Stout, N, Lerner, S, Leslie, M, Nattkemper, TW, Sameoto, JA, Schoening, T, Schouten, R, Seager, J, Singh, H, Soubigou, O, Tojeira, I, van den Beld, I, Dias, F, Tempera, F, Santos, RS (2016) Current and future trends in marine image annotation software. *Progress in Oceanography* 149, 106-120.

Gooday, AJ, Goineau, A (2019) The contribution of fine sieve fractions (63–150 µm) to foraminiferal abundance and diversity in an area of the eastern Pacific Ocean licensed for polymetallic nodule exploration. *Frontiers in Marine Science* 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00114>.

Gooday AJ, Holzmann, M, Caille, C, Goineau, A, Kamenskaya, OE, Weber, AA.-T, Pawlowski, J (2017) Giant foraminifera (xenophyophores) are exceptionally diverse in parts of the abyssal eastern Pacific where seabed mining is likely to occur. *Biological Conservation* 207, 106–116.

Gooday, AJ, Schoenle, A, Dolan, JR, Arndt, H (2020a) Protist diversity and function in the dark ocean – challenging the paradigms of deep-sea ecology with special emphasis on foraminiferans and naked protists. *European Journal of Protistology*, 75, 125721.

Gooday, AJ, Durden, JM, Smith, CR (2020b) Giant, highly diverse protists in the abyssal Pacific: vulnerability to impacts from seabed mining and potential for recovery, *Communicative & Integrative Biology*, 13:1, 189-197 <http://doi.org/10.1080/19420889.2020.1843818>.

Grasshoff, K, Kremling, K, Ehrhardt, M (eds) (1999) *Methods of seawater analysis*, 3rd edition. Wiley-VCH, Weinheim, New York.

Haffert, L, Haeckel, M, Liebetrau, V, Berndt, C, Hensen, C, Nuzzo, M, Reitz, A, Scholz, F, Schönfeld, J, Perez-Garcia, C, Weise, SM (2013) Fluid evolution and authigenic mineral paragenesis related to salt diapirism – The Mercator mud volcano in the Gulf of Cadiz, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 106: 261-286, doi: 10.1016/j.gca.2012.12.016.

Harbour RP, Leitner AB, Ruehleemann C, Vink A. and Sweetman AK, 2020. Benthic and Demersal Scavenger Biodiversity in the Eastern End of the Clarion-Clipperton Zone – An Area Marked for Polymetallic Nodule Mining. *Front. Mar. Sci.* 7:458. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00458>.

Hardy et al., 2008,

- Heger A, Ieno EN, King NJ, Morris K. J, Bagley PM, Priede IG, (2008) Deep-sea pelagic bioluminescence over the Mid-Atlantic Ridge. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 55: 126-136. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2007.09.014>.
- Henson SA, Sarmiento JL, Dunne JP, Bopp L, Lima I, Doney SC, John J, Beaulieu C (2010) Detection of anthropogenic climate change in satellite records of ocean chlorophyll and productivity. *Biogeosciences* 7 (2), 621-640.
- Hessler and Jumars (1974) Abyssal community analysis from replicate box cores in the central North Pacific. *Deep-Sea Research* 21, 185-209.
- Hofmann AF, Soetaert K, Middelburg JJ, Meysman FJR (2010) AquaEnv: An aquatic acid–base modelling environment in R. *Aquatic Geochemistry* 16, 507-546.
- Howell KL, Davies JS, Allcock AL, Braga- Henriques A, Buhl-Mortensen P, Carreiro-Silva M, et al. (2019) A framework for the development of a global standardised marine taxon reference image database (SmarTaR-ID) to support image-based analyses. *PloS ONE* 14(12): e0218904. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218904>.
- Huffard, CL, Durkin, CA, Wilson, SE, McGill, PR, Henthorn, R, Smith, KL, (2020) Temporally-resolved mechanisms of deep-ocean particle flux and impact on the seafloor carbon cycle in the northeast Pacific. *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 173, 104763. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104763>.
- ICES Data and Information Group (DIG) (2006) ICES Guidelines for CTD data. (Compiled March 2000; revised August 2001; June 2006) Copenhagen, Denmark, International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 9pp. <http://hdl.handle.net/11329/244>.
- International Hydrographic Organization (2019) B-6, Standardization of Undersea Feature Names, Guidelines Proposal Form Terminology, Ed.4.2 43pp. [https://iho.int/uploads/user/pubs/bathy/B-6\\_e4%202%200\\_2019\\_EF\\_clean\\_3Oct2019.pdf](https://iho.int/uploads/user/pubs/bathy/B-6_e4%202%200_2019_EF_clean_3Oct2019.pdf).
- International Hydrographic Organization (2020) S-44, Standards for Hydrographic Surveys, Edition 6.0.0. 46pp. [https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-44/S-44\\_Edition\\_6.0.0\\_EN.pdf](https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-44/S-44_Edition_6.0.0_EN.pdf).
- Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) (1992) Guide to satellite remote sensing of the marine environment. Paris, France, UNESCO, 178pp (Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides; 24). <http://hdl.handle.net/11329/98>.
- ISA Technical Study No. 7: Marine Benthic Nematode Molecular Protocol Handbook (Nematode Barcoding).
- ISA Technical Study No. 13: Deep Sea Macrofauna of the Clarion-Clipperton Zone.
- Ishii, M, Kosugi, N (2020) Determination of total alkalinity in sea water by spectrophotometry, in: Otsuka, S, Ueki, I, Sasano, D, Kumamoto, Y, Obata, H, Fukuda, H, Nishibe, Y, Maki, H, Goto, K, Aoyama, M, Ono, T (Eds.), *Guideline of Ocean Observation* 4th Edition. The Oceanographic Society of Japan, Tokyo, Japan, p. G305EN001-G305EN012.
- Jaijel, R, Tchernov, BN, Biton, E, Weinstein, Y, Katz, T (2021). Optimizing a standard preparation procedure for grain size analysis of marine sediments by laser diffraction (MS-PT4SD: Marine sediments-pretreatment for size distribution). *Deep-Sea Research I*, 167, 103429. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2020.103429>.

- Jamieson, AJ (2015) The hadal zone: Life in the deepest Oceans. Cambridge University Press.
- Janssen, A, Kaiser, S, Meissner, K, Brenke, N, Menot, L, Arbizu, PM (2015) A reverse taxonomic approach to assess macrofaunal distribution patterns in abyssal Pacific polymetallic nodule fields. *Plos one*, 10(2).
- Jombart, T, Devillard, S, Balloux, F (2010) Discriminant analysis of principal components: a new method for the analysis of genetically structured populations. *BMC Genetics*, 11, 94.
- Joseph, A (2014) Eulerian-Style Measurements Incorporating Mechanical Sensors. *Measuring Ocean Currents*, 241–265. Doi:10.1016/b978-0-12-415990-7.00008-9.
- Jumars, PA (1981) Limits in predicting and detecting benthic community responses nodule mining. *Marine Mining*, 3: 213-229.
- Jombart, T, Devillard, S, Balloux, F (2010) Discriminant analysis of principal components: a new method for the analysis of genetically structured populations. *BMC Genetics*, 11, 94.
- Karstensen, J (2005) How to process mooring data? A cookbook for MicroCat, ADCP and RCM data. Kiel, Germany, IFM-GEOMAR, Universitat Kiel, 44 pp. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2514.7044>.
- Klaas C, Archer DE (2002) Association of sinking organic matter with various types of mineral ballast in the deep sea: Implications for the rain ratio. *Global Biogeochem. Cycles*. 16(4), 1116, <https://doi.org/10.1029/2001GB001765>.
- Klevjer, TA, Irigoien, X, Røstad, A, Fraile-Nuez, E, Benítez-Barrios, VM, Kaartvedt. S (2016) Large scale patterns in vertical distribution and behaviour of mesopelagic scattering layers. *Sci. Rep.* 6, 19873, <https://doi.org/10.1038/srep19873>.
- Knap, A, Michaels, A, Close, A, Ducklow, H, Dickson, A (eds.) (1996) Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) Core Measurements. JGOFS Report Nr. 19, vi+170 pp. Reprint of the IOC Manuals and Guides No. 29, UNESCO 1994.
- Knight, RD, Roberts, S, Cooper, MJ (2018) Investigating monomineralic and polyminerallc reactions during the oxidation of sulphide minerals in seawater: Implications for mining seafloor massive sulphide deposits. *Applied Geochemistry* 90: 63-74.
- Kong, RYC, Giesy, JP, Wu, RSS, Chen, EXH, Chiang, MWL, Lim, PL, Yuen, BBH, Yip, BWP, Mok, HOL, Au, DWT (2008) Development of a marine fish model for studying in vivo molecular responses in ecotoxicology. *Aquatic Toxicology* 86: 131-141. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.10.011>.
- Kossel, E, Bigalke, N, Pinero, E, Haeckel, M (2013) The SUGAR Toolbox: a library of numerical algorithms and data for modelling of gas hydrate systems and marine environments. GEOMAR Report 8, GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, 160 p, <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.846280>.
- Kuhn, G (2013) Don't forget the salty soup: Calculations for bulk marine geochemistry and radionuclide geochronology. Goldschmidt 2013 Florence, Italy, 25 August 2013–30 August 2013. Doi:10.1180/minmag.2013.077.5.11.
- Kuhner, MK (2006) lamarc 2.0: Maximum likelihood and Bayesian estimation of population parameters. *Bioinformatics*, 22, 768–770.

- Labrenz, M, Brettar, I, Christen, R, Flavier, S, Botel, J, Holfe, MG (2004) Development and application of a real-time PCR approach for quantification of uncultured bacteria in the central Baltic Sea. *Appl Environ Microbiol*, 70(8), 4971-4979. <https://doi.org/10.1128/aem.70.8.4971-4979.2004>.
- Lam, PJ, Lee, JM, Heller, MI, Mehic, S, Xiang, Y, Bates, NR (2018). Size-fractionated distributions of suspended particle concentration and major phase composition from the U.S. GEOTRACES eastern Pacific zonal transect (GP16). *Marine Chemistry*, 201, 90–107. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2017.08.013>.
- Lamarche, G, Lurton, X (2018) Recommendations for improved and coherent acquisition and processing of backscatter data from seafloor-mapping sonars *Mar. Geophys. Res.* 39:5–22. <https://doi.org/10.1007/s11001-017-9315-6>.
- Langdon, C (2010) Determination of Dissolved Oxygen in Seawater By Winkler Titration using Amperometric Technique. In, *The GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines. Version 1*, (eds Hood, E.M., C.L. Sabine, and B.M. Sloyan). 18pp.. (IOCCP Report Number 14; ICPO Publication Series Number 134). Available online at: <http://www.go-ship.org/HydroMan.html>.
- Langenkämper, D, Zurowietz, M, Schoening, T, Nattkemper, TW (2017) BIIGLE 2.0 - Browsing and Annotating Large Marine Image Collections. *Frontiers in Marine Science* 4 (83).
- Lao, Y, Anderson RF, Broecker, WS, Trumbore, SE, Hofmann, HJ, Wolfli, W (1992) Transport and Burial Rates of Be-10 and Pa-231 in the Pacific-Ocean During the Holocene Period. *Earth and Planetary Science Letters* 113, 173-189. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(92\)90218-K](https://doi.org/10.1016/0012-821X(92)90218-K).
- Le Menn, M, Poli, P, David, A, Sagot, J, Lucas, M, O'Carroll, A, Belbeoch, M. and Herklotz, K (2019) Development of Surface Drifting Buoys for Fiducial Reference Measurements of Sea-Surface Temperature. *Frontiers in Marine Science*, 6:578 12 pp. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00578>.
- Levin, LA, Mendoza, GF, Konotchick, T, Lee, R (2009) Community structure and trophic relationships in Pacific hydrothermal sediments. *Deep-Sea Res II* 56: 1632–1648.
- Longhurst, A (1998) *Ecological Geography of the Sea*. Academic Press, New York.
- Luff, R, Haeckel, M, Wallmann, K (2001) Robust and fast FORTRAN and MATLAB libraries to calculate pH distributions in a non-steady state model for aqueous systems. *Computers & Geosciences* 27, 157-169.
- Lumpkin, R, Özgökmen, T, Centurioni, L (2017) Advances in the Application of Surface Drifters. *Annual Review of Marine Science*, 9(1), 59–81. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060641>.
- Macheriotou L, Rigaux A, Derycke S, Vanreusel A (2020) Phylogenetic clustering and rarity imply risk of local species extinction in prospective deep-sea mining areas of the Clarion–Clipperton Fracture Zone. *Proc. R. Soc. B* 287 <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2019.2666>.
- Manni, F, Guerard, E, Heyer, E (2004) Geographic patterns of (genetic, morphologic, linguistic) variation: How barriers can be detected by using Monmonier's algorithm. *Human Biology*, 76, 173–190.
- Marsaglia, K, Milliken, K, Doran, L (2013) IODP digital reference for smear slide analysis of marine mud. Part 1: Methodology and atlas of siliciclastic and volcanogenic components. IODP Technical Note 1. <http://iodp.tamu.edu/publications/TN/TN1-SS-Pt1-Atlas-inter.pdf>.

- Marsaglia, K, Milliken, K, Leckie, R, M, Tentori, D, Doran, L (2015) IODP Smear Slide Digital Reference for Sediment Analysis of Marine Mud. Part 2: Methodology and Atlas of Biogenic Components. IODP Technical Note 2. [http://iodp.tamu.edu/publications/TN/Tnote\\_2.pdf](http://iodp.tamu.edu/publications/TN/Tnote_2.pdf).
- Marsaglia, K, Shapiro, S, Doran, L, Tentori, D (2015) ODP Core Photo Atlas. IODP Technical Note 3. [http://iodp.tamu.edu/publications/TN/Tnote\\_3.pdf](http://iodp.tamu.edu/publications/TN/Tnote_3.pdf).
- Mazzullo, J, Graham, AG (Eds.), 1988. Handbook for shipboard sedimentologists. ODP Tech. Note, 8. Doi:10.2973/odp.tn.8.1988.
- McCord, JM, Fridovich, I (1969) Superoxide dismutase: an enzymic function for erythrocuprein (hemocuprein). *Journal of Biological Chemistry* 244: 6049–6055.
- McDonnell, AMP, Lam, PJ, Lamborg, CH, Buesseler, KO, Sanders, R, Riley, JS, Marsay, C, Smith, HEK, Sargent, EC, Lampitt, RS, Bishop, JKB (2015) The oceanographic toolbox for the collection of sinking and suspended marine particles. *Prog. Oceanogr.* 133: 17–31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2015.01.007>.
- McIntyre, AD, Warwick, RM, (1984) Meiofaunal techniques, In: Holme, NA, McIntyre, AD (Eds.), *Methods for the Study of the Marine Benthos*, 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 217–244 (IBP Handbook, No. 16).
- McQuaid KA, Attrill MJ, Clark MR, Copley A, Glover AG, Smith CR, Howell KL (2020) Using habitat classification to assess representativity of a protected area network in a large, data-poor area targeted for deep-sea mining. *Frontiers in Marine Science*, 7: 1066 <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.558860>.
- McTaggart, KE, Johnson, GC, Delahoyde, MCFH, Swift, JH (2010) Notes on CTC/O2 Data Acquisition and Processing Using Sea-Bird Hardware and Software (As Available). In, *The GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines. Version 1*, (eds Hood, E.M., C.L. Sabine, and B.M. Sloyan). 10pp. (IOCCP Report Number 14; ICPO Publication Series Number 134). Available online at: <http://www.go-ship.org/HydroMan.html>.
- Meckler, AN, Schubert, CJ, Cowie, GL, Peiffer, S, Dittrich, M (2004) New organic matter degradation proxies: Valid in lake systems? *Limnology and Oceanography* 49(6): 0024-3590, <https://doi.org/10.4319/lo.2004.49.6.2023>.
- Meirmans PG, Van Tienderen PH (2004) GENOTYPE and GENODIVE: Two programs for the analysis of genetic diversity of asexual organisms. *Molecular Ecology Notes*, 4, 792–794.
- Mestre, NC, Rocha, TL, Canals, M, Cardoso, C, Danovaro, R, Dell’Anno, A, Gambi, C, Regoli, F, Sanchez-Vidal, A, Bebianno, MJ (2017) Environmental hazard assessment of a marine mine tailings deposit site and potential implications for deep-sea mining. *Environ. Pollut.* 228, 169–178. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.05.027>.
- Mewes, K, Mogollón, J. M, Picard, A, Rühlemann, C, Kuhn, T, Nöthen, K, Kasten, S (2014) Impact of depositional and biogeochemical processes on small scale variations in nodule abundance in the Clarion-Clipperton Fracture Zone, Deep Sea Research Part I 91: 125-141, <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2014.06.001>.
- Millero, FJ (2013). *Chemical Oceanography*, 4th Edn. Boca Raton, FL: CRC Press, 552.
- Moore C, Barnard, A, Fietzek, P, Lewis, M, Sosik, H, White, S, Zielinski, O (2009) Optical tools for ocean monitoring and research. *Ocean Science*. 661-684. <https://doi.org/10.5194/os-5-661-2009>.

- Mourgaud, Y, Martinez, E, Geffard, A, Andral, B, Stanisiere, JY, Amiard, JC (2002) Metallothionein concentration in the mussel *Mytilus galloprovincialis* as a biomarker of response to metal contamination: validation in the field. *Biomarkers*. 7(6):479-490. <https://doi.org/10.1080/1354750021000034528>.
- Nöthen, K, Kasten, S (2011). Reconstructing changes in seep activity by means of pore water and solid phase Sr/Ca and Mg/Ca ratios in pockmark sediments of the Northern Congo Fan. *Mar. Geol.* 287, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2011.06.008>.
- National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate, Robinson SP, Lepper PA, Hazelwood RA (2014) NPL Good Practice Guide No. 133: Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement, ISSN: 1368-6550, 2014.
- Numerical Models of Oceans and Oceanic Processes (2000) Edited by Lakshmi H. Kantha, Carol Anne Clayson. Volume 66, Pages 1-940.
- Ocean Best Practices System (2020) Best Practices document template: data management. Version 6. Oostende, Belgium, International Oceanographic Data and Information Exchange (IODE) for Ocean Best Practices System, 12 pp. <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-760>.
- Ogashawara, I (2015) Terminology and classification of bio-optical algorithms. *Remote Sensing Letters* 6, 613–617.
- Orr, JC, Epitalon, JM, Dickson, AG, Gattuso, JP (2018) Routine uncertainty propagation for the marine carbon dioxide system. *Mar. Chem.* 207, 84–107.
- Paul, SAL, Gaye, B, Haeckel, M, Kasten, S, Koschinsky, A (2018) Biogeochemical Regeneration of a Nodule Mining Disturbance Site: Trace Metals, DOC and Amino Acids in Deep-Sea Sediments and Pore Waters. *Front. Mar. Sci.* 5, 1-17. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00117>.
- Petihakis, G, Haller, M, Petersen, W, Nair, R, Seppälä, J. and Salvatat, F (2014) JERICO Report on Calibration Best Practices: D4.2 (Version 1.3 - 27/06/14). Issy-les-Moulineaux, France, Ifremer for JERICO Project, 61 pp. <https://doi.org/10.13155/49740>.
- Pham, M, Sanchez-Cabeza, J, Povinec, P, Andor, K, Arnold, D, Benmansour, M, et al, International Atomic Energy Agency, (2008) A new certified reference material for radionuclides in Irish Sea sediment (IAEA-385). *Applied Radiation and Isotopes*, 66(11), 1711–1717. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2007.10.020>.
- Pham, MK, Betti, M, Povinec, PP., et al. (2011) A certified reference material for radionuclides in the water sample from Irish Sea (IAEA-443), *J Radioanal Nucl Chem* 288, 603–611, <https://doi.org/10.1007/s10967-010-0976-8>.
- Planquette, Hélène, Sherrell, Robert M., (2012), Sampling for particulate trace element determination using water sampling bottles: methodology and comparison to in situ pumps, *Limnol. Oceanogr. Methods*, 10, <https://doi.org/10.4319/lom.2012.10.367>.
- Pritchard, JK, Stephens M, Donnelly P (2000) Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155, 954–959.
- Proud, R, Cox, MJ, Brierley AS (2017) Biogeography of the Global Ocean's Mesopelagic Zone. *Current Biology* 27, 113–119 <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2016.11.003>.



Przeslawski, R, Berents, P, Clark, M, Edgar, G, Frid, C, Hughes, L, Ingleton, T, Kennedy, D, Nichol, S, Smith, J, (2018) Marine Sampling Field Manual for Grabs and Box Corers [Version 1]. In: Field Manuals for Marine Sampling to Monitor Australian Waters, Version 1 (eds Przeslawski, R. and Foster, S.). Canberra, Australia, NESP Marine Biodiversity Hub, pp. 172-195.

Pusceddu, A, Dell'Anno, A, Fabiano, M, Danovaro, R (2009) Quantity and bioavailability of sediment organic matter as signatures of benthic trophic status. *Mar Ecol Prog Ser* 375:41-52, <https://doi.org/10.3354/meps07735>.

Regoli, F, d'Errico, G, Nardi, A, Mezzelani, M, Fattorini, D, Benedetti, M, Di Carlo, M, Pellegrinni, D, Gorbi, S (2019) Application of a Weight of Evidence Approach for monitoring complex environmental scenarios: the case-study of off-shore platforms. *Frontiers Marine Science* <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00377>.

Revsbech, NP, Jørgensen, BB (1986) Microelectrodes and their use in microbial ecology, in: Marshall KC (Ed.), *Advances in Microbial Ecology*. Plenum Press, New York, pp. 293-352.

Robinson IS. *Measuring the Oceans from Space. The principles and methods of satellite oceanography* (2004) ISBN 978-3-540-42647-9.

Robinson, SP, Lepper, PA, Hazelwood, RA (2014) *Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement*. Teddington, England, National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate, 95pp (NPL Good Practice Guide No. 133).

Ronconi, RA, Burger, AE (2009) Estimating seabird densities from vessel transects: distance sampling and implications for strip transects. *Aquatic Biology*, 4(3), 297-309.

Rothwell, RG, Rack, FR (2006) New techniques in sediment core analysis: an introduction. In: Rothwell, RG, (ed.) *New techniques in sediment core analysis*. London, UK, Geological Society of London, 1-29, 266pp (Geological Society Special Publication, 267). <https://doi.org/10.1144/GSLSP.2006.267.01.01>.

Schoening, T, Osterloff, J, Nattkemper, TW, 2016. RecoMIA—Recommendations for Marine Image Annotation: Lessons Learned and Future Directions. *Frontiers in Marine Science* 3 (59).

Schönfeld, J, Alve, E, Geslin, E, Jorissen, FJ, Korsun, S, Spezzaferri, S, Members of the FOBIMO group (2012) The FOBIMO (Foraminiferal Bio-Monitoring) initiative—Towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. *Marine Micropaleontology* 94-95, 1-13.

Sgih, HH, Sprenke, J, Payton, C. and Mero, T (2001) *Towing Basin Speed Verification of Acoustic Doppler Current Profiling Instruments*. Silver Spring, MD, NOAA NOS Center for Operational Oceanographic Products and Services, 53pp (NOAA Technical Report NOS CO-OPS 033). DOI: <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-139>.

Simon-Lledo E, Bett BJ, Huvenne VAI, Schoening T, Benoist NMA, Jeffreys RM, Durden JM, Jones DOB (2019). Megafaunal variation in the abyssal landscape of the Clarion Clipperton Zone. *Progress in Oceanography*, 170, 119-133. <https://doi.org/10.1016/j.pcean.2018.11.003>.

Simpson, S, Batley, G (eds) (2016) *Sediment quality assessment: a practical guide*. Second edition. Clayton, Australia, CSIRO Publishing, 346pp. <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-498>.

Stewart, RH (1985) *Methods of Satellite Oceanography*. 360 pp. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press. ISBN 0-520-04226-3. <https://doi.org/10.1017/S0016756800026674>.

- Stratmann, T, Mevenkamp, L, Sweetman, AK, Vanreusel, A, Van Oevelen, D (2018) Has phytodetritus processing by an abyssal soft-sediment community recovered 26 years after an experimental disturbance? *Frontiers in Marine Science*, 5, 59, 2018.
- Sutton, TT, Clark MR, Dunn DC, Halpin PN, Rogers AD, Guinotte J, Bograd SJ, Angel MV, Perez JAA, Wishner K, Haedrich RL, Lindsay DJ, Drazen JC, Vereshchakam A, Piatkowski U, Morato T, Błachowiak-Samołyk K, Robison BH, Gjerder KM, Pierrot-Bults A, Bernalt P, Reygondeau G, Heino M (2017) A global biogeographic classification of the mesopelagic zone: An aid for marine conservation planning. *Deep-Sea Research I*. 126: 85-102 <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2017.05.006>.
- Sweetman, AK, Middelburg, JJ, Berle, AM, Bernadino, AF, Schander, C, Demopoulos, AWJ, Smith CR (2010) Impacts of exotic mangrove forests and mangrove deforestation on carbon remineralization and ecosystem functioning in marine sediments. *Biogeosciences*, 7, 2129–2145.
- Sweetman AK, Levin, LA, Rapp, HT, Schander, C (2013) Faunal trophic structure at hydrothermal vents on the southern Mohn's Ridge, Arctic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 473, 115-131.
- Sweetman, AK, Smith, CR, Shulse, CN, Maillot, B, Lindh, M, Church, MJ, Meyer, KS, Van Oevelen, D, Stratmann, T, Gooday, AJ (2019) Key role of bacteria in the short-term cycling of carbon at the abyssal seafloor of the eastern Clarion Clipperton Fracture Zone. *Limnology and Oceanography*, 64(2): 694-713.
- Taboada S, Riesgo A, Wiklund H, Paterson GLJ, Koutsouveli V, Santodomingo N, Dale AC, Smith CR, Jones DOB, Dahlgren TG, Glover AG (2018) Implications of population connectivity studies for the design of marine protected areas in the deep sea: An example of a demosponge from the Clarion-Clipperton Zone. *Molecular Ecology*, 27(23) 4657–4679. <https://doi.org/10.1111/mec.14888>.
- Talley, LD, Pickard, GL, Emery, WJ, Swift, JH (2011) *Instruments and Methods. S16. Pp. 1-77. Descriptive Physical Oceanography. An Introduction. Sixth edition.*
- Tamburri, M (2006) *Protocols for Verifying the Performance of In Situ Turbidity Sensor*. Solomons, MD, Alliance for Coastal Technologies, 22 pp (ACTPV0601 5/3/06). <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-347>.
- Thurnherr, AM, Visbeck, M, Firing, E, King, BA, Hummon, JM, Krahmann, G, Huber, B (2010) A - The GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines. IOCCP Report No. 1, ICPO Publications Series No. 134, Version 1, 2010. <http://www.go-ship.org/HydroMan.html>.
- Thomson, RE, Emery, WJ (2014) *Data Acquisition and Recording. Data Analysis Methods in Physical Oceanography*, 1–186. Doi:10.1016/b978-0-12-387782-6.00001-6.
- Thorpe, SA (2007) *The Turbulent Ocean*, Cambridge University Press, New York, 439 pp.
- Uchida, H, Johnson, GC, McTaggart, GC (2010) CTD Oxygen Sensor Calibration Procedures. In, *The GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines. Version 1*, (eds Hood, E.M., C.L. Sabine, and B.M. Sloyan), 17pp. (IOCCP Report Number 14; ICPO Publication Series Number 134). Available online at: <http://www.go-ship.org/HydroMan.html>.



U.S. Environmental Protection Agency. Method 180.1: Determination of Turbidity by Nephelometry. Edited by James W. O'Dell. Revision 2.0. August 1993. Available online at: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/method\\_180-1\\_1993.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/method_180-1_1993.pdf).

U.S. Integrated Ocean Observing System (2016) Manual for Quality Control of Temperature and Salinity Data Observations from Gliders. Version 1.0. Silver Spring, MD, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Integrated Ocean Observing System, 23 pp. & Appendices. <http://hdl.handle.net/11329/289>.

U.S. Integrated Ocean Observing System (2017) Manual for Real-Time Quality Control of Passive Acoustics Data: A Guide to Quality Control and Quality Assurance for Passive Acoustics Observations. Silver Spring, MD, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Integrated Ocean Observing System, 24 pp. & Appendices. <http://hdl.handle.net/11329/342>.

U.S. Integrated Ocean Observing System (2019a), Manual for Real-Time Quality Control of In-Situ Current Observations. Version 2.1. Silver Spring, MD, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Integrated Ocean Observing System, 54 pp. <https://doi.org/10.25923/sqe9-e310>.

U.S. Integrated Ocean Observing System (2020) Manual for Real-Time Oceanographic Data Quality Control Flags. Version 1.2. Silver Spring, MD, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Integrated Ocean Observing System, 24 pp. <https://doi.org/10.25923/w8y6-d298>.

U.S. Integrated Ocean Observing System (2020) Manual for Real-Time Quality Control of In-situ Temperature and Salinity Data Version 2.1: a Guide to Quality Control and Quality Assurance of In-situ Temperature and Salinity Observations. Silver Spring, MD, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Integrated Ocean Observing System, 50 pp. <https://doi.org/10.25923/x02m-m555>.

van Sebille, E, Griffies, SM, Abernathey, R, et al (2018) Lagrangian ocean analysis: Fundamentals and practices. *Ocean Modelling*, 121, pp. 49-75. <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2017.11.008>.

Verfuss, UK, Gillespie, D, Gordon, J, Marques, TA, Miller, B, Plunkett, R, Theriault, JA, Tollit, DJ, Dominic J, Zitterbart, DP, Hubert, P, Thomas, L (2018) Comparing methods suitable for monitoring marine mammals in low visibility conditions during seismic surveys. *Marine Pollution Bulletin* 126 1-18, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.034>.

Wallmann, K, Aloisi, G, Haeckel, M, Obzhairov, A, Pavlova, G, Tishchenko, P (2006) Kinetics of organic matter degradation, microbial methane generation, and gas hydrate formation in anoxic marine sediments, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70(15): 3905-3927, <https://doi.org/10.1016/j.gca.2006.06.003>.

Watling L, Guinotte J, Clark MR, Smith CR (2013) A proposed biogeography of the deep ocean floor. *Progress in Oceanography* 111: 91-112. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2012.11.003>.

Wenneck, T deL, Falkenhaus, T, Bergstad, OA (2008) Strategies, methods and technologies adopted on the RV G.O. Sars MAR-ECO expedition to the Mid-Atlantic Ridge in 2004. *Deep-Sea Research II* 55, 6-28.

Wenzhöfer, F, Adler, M, Kohls, O, Hensen, C, Strotmann, B, Boehme, S, Schulz, HD (2001) Calcite dissolution driven by benthic mineralization in the deep-sea: In situ measurements of  $\text{Ca}^{2+}$ , pH,  $\text{pCO}_2$  and  $\text{O}_2$ . *Geochimica et Cosmochimica Acta* 65(16), 2677-2690.

Werdell, PJ, McKinna, LIW, Boss, E, Ackleson, SG, Craig, SE, Gregg, WW, Lee Z, Maritorena S, Roesler CS, Rousseaux CS, Stramski D, Sullivan JM, Twardowski MS, Tzortziou M, Zhang, X (2018). An overview of approaches and challenges for retrieving marine inherent optical properties from ocean color remote sensing. *Progress in Oceanography*, 160, 186–212. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.01.001>.

Wong, GSK, Zhu, S (1995) Speed of sound in seawater as a function of salinity, temperature, and pressure. *Journal of the Acoustical Society of America*. 97(3): 1732–1736. <https://doi.org/10.1121/1.413048>.

Woo, LM (2019) Ocean Glider delayed mode QA/QC best practice manual, Version 2.1. Hobart, Australia, Integrated Marine Observing System, 59 pp. <http://dx.doi.org/10.26198/5c997b5fdc9bd>.

Yoder, M, Irma Tandingan De Ley, I, King, IW, Mundo-Ocampo, M, Mann, J, Blaxter, M, Poiras, L, De Ley, P (2006) DESS: a versatile solution for preserving morphology and extractable DNA of nematodes. *Nematology*, 2006, Vol. 8(3), 367-376.

Yokoyama, Y, Nguyen, HV (1980) Direct and non-destructive dating of marine sediments, manganese nodules, and corals by high resolution gamma-ray spectrometry. In: *Isotope marine chemistry*, edited by E.D. Goldberg and Y. Horibe, p. 259-289, Tokyo, 1980.

Zeebe, RE, Wolf-Gladrow, D (2001)  $\text{CO}_2$  in Seawater: Equilibrium, Kinetics, Isotopes. Elsevier, Amsterdam, 346 pp.

## IX. Сокращения

|        |                                                                                 |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------|
| АНПА   | автономный обитаемый подводный аппарат                                          |
| ГСНО   | Глобальная система наблюдений за океаном                                        |
| ЗЭП    | заповедный эталонный полигон                                                    |
| ИКС    | Международный совет по исследованию моря                                        |
| МАФНО  | Международная ассоциация физических наук об океане                              |
| МОК    | Межправительственная океанографическая комиссия                                 |
| МООД   | программа «Международный обмен океанографическими данными и информацией»        |
| НАСА   | Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства |
| НОАА   | Национальная администрация по океану и атмосфере                                |
| РЭП    | рабочий эталонный полигон                                                       |
| ТНПА   | телеуправляемый обитаемый подводный аппарат                                     |
| ТУС-10 | Термодинамическое уравнение состояния морской воды 2010 года                    |

|         |                                                                                                                                                                  |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ADCP    | acoustic Doppler current profiler — акустический доплеровский измеритель течения                                                                                 |
| ADP     | acoustic Doppler profiler — акустический доплеровский профилограф                                                                                                |
| ADV     | acoustic Doppler velocimeter — акустический доплеровский измеритель скорости                                                                                     |
| AVHRR   | advanced very high-resolution — radiometer усовершенствованный радиометр очень высокого разрешения                                                               |
| CTD     | conductivity, temperature, depth — проводимость, температура и глубина                                                                                           |
| DCP     | Doppler current profiler — доплеровский профилограф течений                                                                                                      |
| DESS    | disodium ethylenediamine tetra-acetic acid and saturated salt — динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты                                               |
| EPA     | United States Environmental Protection Agency — Агентство по охране окружающей среды Соединенных Штатов                                                          |
| FAU     | formazin attenuation unit — единица затухания по формазину                                                                                                       |
| FNU     | formazin nephelometric unit — формазиновая единица мутности                                                                                                      |
| LADCP   | lowered acoustic Doppler current profiler — опускаемый акустический доплеровский измеритель течения                                                              |
| MERIS   | medium-resolution imaging spectrometer — спектрометр с формированием изображения со средним разрешением                                                          |
| MOCNESS | multiple opening/closing net and environmental sensing system — многократно открывающаяся и закрывающаяся сеть и система обследования состояния окружающей среды |
| MODIS   | moderate-resolution imaging spectroradiometer — визуализирующий спектрорадиометр среднего разрешения                                                             |
| NTU     | nephelometric turbidity unit — нефелометрическая единица мутности                                                                                                |
| PIPS    | passivated implanted planar silicon detector — пассивированный имплантированный планарный кремниевый детектор                                                    |
| RCM     | rotor current meter — роторная гидрометрическая вертушка                                                                                                         |
| SeaWiFS | sea-viewing wide field-of-view sensor — датчик с широким сектором обзора для наблюдения за морем                                                                 |