**Цель 14: Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития**

**Задача 14.3. Минимизировать и ликвидировать последствия закисления океана, в том числе благодаря развитию научного сотрудничества на всех уровнях.**

**Показатель 14.3.1: Средняя кислотность (pH) морской воды, измеряемая в согласованной группе репрезентативных станций отбора проб**

**Институциональная информация**

**Организация(и):**

Межправительственная океанографическая комиссия (МОК) ЮНЕСКО

**Концепции и определения**

**Определение:**

Закисление (повышение кислотности) океана — это снижение pH океана в течение продолжительного периода, обычно десятилетий или дольше, которое вызвано, главным образом, поглощением углекислого газа из атмосферы[[1]](#footnote-1). Этот показатель основан на наблюдениях, которые ограничивают углеродную систему океана и которые необходимы для описания изменчивости кислотности океана. Углеродная система в этом контексте в основном относится к четырем измеряемым параметрам: pH (концентрация ионов водорода в логарифмической шкале), DIC (CT; общее количество растворенного неорганического углерода), pCO2 (парциальное давление диоксида углерода) и TA (AT, общая щелочность). Среднее, как здесь используется, равно средневзвешенному годовому значению.

Согласованный набор репрезентативных станций сбора проб - это участки, частота измерений которых достаточна для описания изменчивости и тенденций в карбонатной химии с целью предоставления критической информации о подверженности и воздействии на морские системы закисления океана, и которые предоставляют данные в достаточной степени качественные и с исчерпывающей информацией метаданных, чтобы позволить интеграцию с данными из других мест в стране.

**Обоснование:**

Океан ежегодно поглощает около 30% антропогенного углерода из атмосферы. Этот углекислый газ (CO2) вступает в реакцию с морской водой, изменяя ее химический состав и постепенно окисляя океан. Показано, что наблюдаемое снижение pH морской воды влияет на целый ряд организмов и экосистем, биоразнообразие и продовольственную безопасность. Это может отрицательно сказаться на рыболовстве и аквакультуре, а также на других услугах, предоставляемых океаном, включая туризм, транспорт и защиту прибрежных районов. Наблюдения за последние 20-30 лет показали четкую тенденцию закисления океана (снижения рН) в местах открытого океана. Однако для прибрежных районов эта картина часто осложняется естественными процессами, такими, как поступление пресной воды, прибрежный апвеллинг, биологическая деятельность и температурные изменения. Эти факторы затрудняют прогнозирование и возможные ответные меры управления в связи с закислением океана в высокодинамичных и продуктивных прибрежных районах. В этой методологии содержатся рекомендации о том, как улучшить мониторинг, что измерять и что сообщать[[2]](#footnote-2). Соответствующие файлы данных и метаданных гарантируют, что собранные данные прослеживаются и могут контролировать качество, храниться и распространяться таким образом, который позволяет использовать их для лучшего понимания и прогнозирования наблюдений за закислением океана.

**Основные понятия:**

Закисление океана вызвано увеличением количества растворенного атмосферного CO2 в морской воде. Средняя морская кислотность выражается как pH, концентрация ионов водорода в логарифмическом масштабе. Чтобы иметь возможность ограничить химический состав карбонатов морской воды, необходимо измерить по меньшей мере два из четырех параметров, а именно pH, pCO2, DIC (CT) и TA (AT). pH (концентрация ионов водорода в логарифмической шкале, выраженная в общей шкале), DIC (общее количество растворенного неорганического углерода, в мкмоль кг-1), pCO2 (парциальное давление углекислого газа, в ппт или мкм) и TA (AT, общая щелочность, в мкмоль кг-1).

**Комментарии и ограничения:**

Методология для этого показателя была разработана при технической поддержке экспертов в области закисления океана. Он предоставляет общепринятые и адаптированные руководящие принципы, и лучшие практики, установленные учеными и опубликованные в рецензируемой литературе.

Поскольку это очень сложный показатель, техническая инфраструктура, необходимая для правильного измерения, является потенциально сдерживающим фактором. Методология для показателя описывает, как избежать проблем сопоставимости данных, которые были проблемными в прошлом, ошибок измерения и дает рекомендации по наиболее подходящим техническим и методологическим процедурам, чтобы гарантировать высококачественные данные, которые могут использоваться для глобальной оценки закисления океана. Добавление метаданных к методологии для этого показателя имеет решающее значение для повышения прослеживаемости и прозрачности данных путем предоставления информации о точном используемом оборудовании и методологии, а также указания местоположения, сопутствующих биогеохимических переменных и лиц, проводящих измерение.

**Методология**

***Подробная информация в Приложении I IOC/EC-LI/2 Annex 6***

**Метод расчета:**

Этот показатель требует сбора нескольких наблюдений в форме отдельных точек данных для определения изменчивости кислотности океана. Отдельные точки данных для pH либо измеряются напрямую, либо могут быть рассчитаны на основе данных для двух других параметров карбонатной химии, такими как TA (AT), DIC (CT) и pCO2. Инструменты расчета, разработанные специалистами в данной области, находятся в свободном доступе, и они представлены и включены в методологию. Среднее значение pH определяется как среднегодовое равное взвешенное значение для нескольких точек данных на репрезентативных станциях отбора проб. Точное количество образцов и точек данных зависит от уровня изменчивости кислотности океана на данном участке. Минимальное количество образцов должно позволять характеризовать сезонный цикл на месте. Подробные рекомендации по минимальному количеству необходимых наблюдений приведены в Методологии. В дополнение к значению данных следует сообщать стандартное отклонение и общий диапазон (измеренные минимальное и максимальное значения), а также базовые данные, используемые для обеспечения прослеживаемости и прозрачности (информация метаданных). Если имеются исторические данные, их следует опубликовать, чтобы можно было рассчитать скорость изменения и сравнить естественную изменчивость и антропогенное воздействие.

**Дезагрегация:**

Страны предоставляют полные наборы данных с соответствующими данными по конкретным участкам и файлами метаданных.

**Обработка отсутствующих значений:**

* **На уровне страны**

Некоторые отсутствующие значения могут быть смоделированы или рассчитаны, если существуют установленные методологии (см. Рекомендации по расчету карбонатной системы в Приложении 6 IOC/EC-LI/2).

* **На региональном и глобальном уровнях**

Региональное агрегирование допустимо, если более 50% прибрежных стран сообщили значения.

**Региональные показатели:**

Каждая страна или назначенный IODE Национальный центр океанографических данных (NODC)/Associated Data Unit (ADU)[[3]](#footnote-3) будут предоставлять ежегодно обновляемые наборы данных. Агрегирование по регионам потребует данных сопоставимого качества, и все соответствующие метаданные с информацией по конкретному участку должны быть включены в наборы данных. Из-за изменчивости измерений и преобладания районов с высокой изменчивостью кислотности океана совокупность средних значений измерений (равное взвешенному среднегодовому значению) по прибрежным морским местообитаниям и типам экосистем трудно интерпретировать и поэтому не рекомендуется.

**Источники расхождений:**

Поскольку этот показатель учитывает только данные, представленные только государствами-членами, нет расхождений между оценками и представленными наборами данных. В прошлом различия между странами в измерении pH и других данных по закислению океана были в основном связаны с техническими трудностями и отсутствием всеобъемлющих руководящих принципов для наилучшей практики измерений. Настоящая Методология и содержащиеся в ней руководящие принципы содержат подробные инструкции по измерению, сбору, обработке и контролю качества данных таким образом, чтобы страны могли избежать будущих расхождений.

**Методы и руководства, доступные странам для сбора данных на национальном уровне:**

* Методология показателя ЦУР 14.3.1, представленная здесь, содержит рекомендации по сбору измерений для показателя. Файлы данных и метаданных, в которые должны быть собраны все соответствующие измерения, будут переданы в центр обработки данных или отправителю данных. Эти данные будут собираться соответствующими национальными центрами данных, такими как национальные статистические организации (НСО) и национальные центры океанографических данных (НЦОД), и передаваться агентству-куратору показателя, МОК ЮНЕСКО[[4]](#footnote-4).
* Методология показателя включает обзор утверждений о наилучшей практике и ссылки на несколько Стандартных операционных процедур (СОП). Эти процедуры представляют собой лучшие практики, собранные ведущим исследователем в этой области, и были выложены для свободного доступа. Список соответствующих материалов, как указано в методологии показателей, можно найти по адресу:

<http://www.ioccp.org/index.php/documents/standards-and-methods>

IOC / EC-LI / 2, Приложение 6

Таблица 1

*Таблица 1. Список стандартных рабочих процедур для измерения различных параметров карбонатной системы (процедуры, отмеченные \*, способны достичь качества климата).*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | дискретные | в процессе разработки | [Фиксированные автономные](http://www.ioccp.org/index.php/instruments-and-sensors) [датчики](http://www.ioccp.org/index.php/instruments-and-sensors) |
| **pH**  | [Спектрофотометрия](http://www.ioccp.org/images/D4standards/Dickson-2007/sop06b.pdf)\*[потенциометрия](http://www.ioccp.org/images/D4standards/Dickson-2007/sop06a.pdf) | Спектрофотометрия[ISFET](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211122014000413) | Спектрофотометрия[ISFET](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211122014000413) |
| **CT**  | ИК обнаружение[Кулонометрия](http://www.ioccp.org/images/D4standards/Dickson-2007/sop02.pdf) \* | **-** | **-** |
| **AT**  | [Потенциометрическое титрование](http://www.ioccp.org/index.php/documents/standards-and-methods/2-uncategorised/263-guide-to-best-practices-for-ocean-co2-measurements) (открытая и [закрытая ячейка](http://www.ioccp.org/images/D4standards/Dickson-2007/sop03a.pdf); [рекомендуется открытая](http://www.ioccp.org/images/D4standards/Dickson-2007/sop03b.pdf)) \* | **-** | **-** |
| ***pCO2*** | **-** | [Уравновешивание, свободное пространство](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967064508004268)\*основанный на мембране | [Уравновешивание](https://www.earth-syst-sci-data.net/6/353/2014/essd-6-353-2014.html)\*,основанный на мембране |

**Гарантия качества**

Процессы контроля и проверки качества данных были разработаны в тесной консультации с экспертами в области закисления океана, в том числе с членами Глобальной сети наблюдений за закислением океана (GOA-ON) и экспертами по управлению данными, такими, как IODE. Контроль качества данных является важным компонентом анализа, представления и обработки данных. Ученые и технические специалисты, которые собрали представленные данные, будут нести ответственность за первичный контроль качества данных и сопутствующих подробных метаданных. Метаданные, представленные с данными, также должны описывать стандартные рабочие процедуры контроля качества (SOP), применяемые для каждого параметра.

**Первичный контроль качества состоит из:**

* контроль качества, связанный с методологией (предоставляются CRM, калибровка трис-буфера, SOP),
* контроль качества и обеспечение качества фактических данных (предоставляются SOP) и использование согласованных сообществом флагов качества,
* выявление и маркировка выбросов,
* принятие решений относительно обоснованности этих отдаленных точек,
* оценка неопределенности измерения,
* выявление всех источников неопределенности в измерениях,
* сведение отдельных неопределенностей в общую неопределенность (распространение ошибок).

**Вторичный контроль качества:**

* Гармонизация данных и обеспечение полноты метаданных,
* Внешний контроль / аудит качества - Экспертная группа контроля качества, применяющая уровни погоды и климата, определенные GOA-ON (по примеру SOCAT),
* Обратная связь с владельцами данных.

После оценки контроля качества, описанной выше, экспертная группа контроля качества приписывает три категории качества измерений:

* Установленное качество океанографического климата (Категория 1)
* Данные о качестве погоды, включая данные датчиков и наращивания потенциала, упрощают измерения pH и щелочности с соответствующей оценкой неопределенности (Категория 2)
* Измерения неопределенного качества (категория 3) (не будут отображаться при визуализации среднегодовых средневзвешенных значений и дисперсии pH).

**Источники данных**

**Описание:**

Общий процесс сбора данных МОК описан в документе [IOC-XXIX/2Annex 14.](http://www.ioc-unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=19589)
Новизна оценки закисления океана на глобальном уровне, как в показателе 14.3.1, требует от секретариата МОК сбора данных различными путями. Ожидается, что будущие сборы данных будут состоять из:

* прямых запросов в национальные статистические организации (НСО), поскольку в настоящее время установлены новые национальные механизмы отчетности, позволяющие им предоставлять требуемую информацию,
* ежегодных запросов в национальные координационные центры МОК,
* сотрудничество с национальными центрами океанографических данных, международными центрами данных
* прямые запросы поставщикам данных через портал данных GOA-ON (рисунок 1).

****

Рисунок 1. Схема для иллюстрации предлагаемого процесса сбора и публикации данных, связанных с национальным вкладом данных, относящихся к 14.3.1 (ЦУР: цель в области устойчивого развития; IOC-UNESCO: Межправительственная океанографическая комиссия ЮНЕСКО; GOA-ON: Глобальная сеть наблюдений за закислением океана; JCOMM: Совместная техническая комиссия ВМО-МОК по океанографии и морской метеорологии; WMO: Всемирная Метеорологическая Ассоциация; IODE: Международный обмен океанографическими данными и информацией МОК ЮНЕСКО; GDAC: Глобальный центр сбора данных; BGC ARGO: Биогеохимические буи Арго; QC: контроль качества; NODC: Национальный центр океанографических данных; DOI: цифровой идентификатор объекта; BP: Лучшая практика; CD: развитие потенциала; PI: главный следователь; RTC: Региональный учебный центр).

Глобальные научные усилия ([GO-SHIP](http://www.go-ship.org/), [SOCAT](https://www.socat.info/), [GCOS](https://public.wmo.int/en/programmes/global-climate-observing-system)), которые хранят и содержат данные различных усилий по наблюдению за океаном и/или сосредоточены на сборе измерений в международных водах, также будут запрашиваться для годовых или более вероятных многолетних наборов данных, отражающих состояние и изменения переменных закисления океана в открытом океане.

Как уже упоминалось, процесс сбора данных будет проходить в тесном сотрудничестве с Проектным бюро МОК для IODE Oostende, Бельгия и соответствующими поставщиками данных/ национальными архивами, порталом данных GOA-ON и таких субъектов, как морская химия, входящая в Европейскую сеть морских наблюдений и данных (EMODnet).

Портал данных [GOA-ON](http://portal.goa-on.org/) предоставляет данные открытого доступа в дополнение к инвентаризации активов глобального мониторинга. Портал имеет два уровня доступа: 1) визуализация и 2) возможности загрузки. Объединение различных наборов данных открытого доступа может послужить стимулом для создания новых систем наблюдений в недостаточно отобранных районах и для более широкого применения политик данных открытого доступа во всем мире в соответствии с Критериями МОК и Руководством по передаче морской технологии[[5]](#footnote-5). Подробные метаданные по показателю ЦУР 14.3.1 и формы данных (часть окончательной методологии для обеспечения взаимной сопоставимости измерений) будут размещены на веб-сайте GOA-ON. Запрашиваемая информация будет включать подробное описание среды обитания, которое потребуется для оценки естественных и антропогенных причин изменчивости в наборах данных.

**Процесс сбора:**

1. **Партнеры:**

Официальными партнерами являются координаторы МОК. Первоначально МОК свяжется с ними, а также с национальными центрами океанографических данных (НЦОД), чтобы запросить соответствующие данные у соответствующих национальных центров океанографических данных и/или соответствующих ученых, учреждений или программ. Ежегодный запрос о предоставлении данных будет разослан непосредственно странам-членам, запрашивающим соответствующие данные и метаданные. Предполагается, что онлайн интерфейс представления, который будет разработан в сотрудничестве с существующими океанографическими центрами данных о выбросах углерода и платформами биогеохимических данных, облегчит процесс представления в будущем.

1. **Валидация и процесс консультаций:**

Партнерам предлагается предоставить ссылки (метаданные) на предоставленную информацию. Механизмы контроля качества более подробно описаны ниже в этом документе (см. Контроль качества).

**Доступность данных**

**Описание:**

В феврале 2018 г. МООД и штаб-квартира МОК провели онлайн-опрос среди NODC и ADU с запросом информации о национальных и институциональных наборах данных, связанных с 14.3.1. В общей сложности 30 центров данных ответили положительно, что они содержат и обслуживают наборы биогеохимических данных; 21 центр данных обслуживает все 4 параметра (DIC, TA, pH, pCO2). Однако только 14 центров также предоставляют соответствующие метаданные. Список из 21 центра обработки данных, в которых размещены все 4 параметра:

Европа: RBINS (Бельгия), BODC (Великобритания), VLIZ (Бельгия), Морской институт (Ирландия), Центр климатических данных Бьеркнес/Океанский тематический центр RI ICOS (Норвегия)

Северная Америка: Университет Южной Флориды (США), DFO (Канада), NCEI /OCADS (США), WHOI (США), NCEI (США), NCEI (США), Scripps (США)
Южная Америка: Университет Симона Боливара (Венесуэла), Национальный исследовательский институт Десарролло Пескеро (INIDEP) (Аргентина)

Африка: КМФРИ (Кения)

Тихий океан: Национальный институт водных и атмосферных исследований (Новая Зеландия)

Азия: JODC (Япония), JMA (Япония), MIRC (Япония), МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН (Российская Федерация), РГП Казгидромет (Казахстан)

**Временные ряды:**

Первая оценка в 2018 году будет включать данные с контролем качества первого уровня, начиная с 2010 года, включая данные, если таковые имеются (за все годы или выборки).

**Календарь**

**Сбор данных:**

Национальные наборы данных должны представляться ежегодно (как минимум). Следующий сбор данных начнется в феврале 2019 года.

**Выпуск данных:**

Первые запросы данных были отправлены в НЦОД в августе 2018 года, а полученные данные в настоящее время проходят вторичный контроль качества. Следующие данные станут доступны во втором квартале 2019 года.

**Поставщики данных**

Общий процесс сбора данных МОК описан в документе IOC-XXIX / 2Annex 14. Новизна оценки закисления океана на глобальном уровне, как и для этого показателя 14.3.1, требует от секретариата МОК сбора данных по ряду различных путей. Это будет включать прямые запросы в национальные статистические организации (НСО), ежегодные запросы в национальные координационные центры МОК, а также в НЦОД и связанные агентства данных в государствах-членах, а также в международные центры данных и поставщиков данных, которые предоставили данные для портала данных GOA-ON.

**Составители данных**

Межправительственная океанографическая комиссия (МОК) ЮНЕСКО является учреждением-куратором по этому показателю. В сотрудничестве с Комитетом по международному обмену океанографическими данными и информацией (МООД) МОК данные будут собираться и храниться прозрачным и прослеживаемым образом, что позволит обмениваться данными о закислении океана.

**Ссылки**

**URL:**

IOC-UNESCO <http://www.ioc-unesco.org/>

IODE <https://www.iode.org/>

GOA-ON <http://goa-on.org/>

GOA-ON data portal <http://portal.goa-on.org/>

Document IOC/EC-LI/2 Annex 6 -14.3.1 Methodology <http://ioc-unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=21938>

Document IOC-XXIX/2Annex 14 <http://www.ioc-unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=19589>

**Ссылки**

* Dickson, A.G., Sabine, C.L. and Christian, J.R. (Eds.) (2007) *Guide to best practices for ocean CO2 measurements*. PICES Special Publication 3, 191 pp.
* Newton J. A., Feeley, R. A., Jewett, E. B., Williamson, P. and Mathis, J. (2015) Global Ocean Acidification Observing Network: Requirements and Governance Plan (2nd edition)
* Riebesell U., Fabry V. J., Hansson L. & Gattuso J.-P. (Eds.) (2011) Guide to best practices for ocean acidification research and data reporting. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 258pp. (EUR 24872 EN).

**Связанные показатели**

14.a Расширение научных знаний, развитие исследовательского потенциала и передача морской технологии с учетом Критериев и руководящих принципов Межправительственной океанографической комиссии по передаче морской технологии в целях улучшения состояния здоровья океана и повышения вклада морского биоразнообразия в развитие развивающихся стран, в частности малые островные развивающиеся государства и наименее развитые страны

1. NOAA. What is ocean acidification? National Ocean Service website https://oceanservice.noaa.gov/facts/acidification.html, 06/25/18 [↑](#footnote-ref-1)
2. IOC/EC-LI/2 Annex 6 [↑](#footnote-ref-2)
3. https://www.iode.org/index.php?option=com\_oe&task=viewGroupRecord&groupID=349 [↑](#footnote-ref-3)
4. IOC-XXIX/2Annex 14, IOC/EC-LI/2 Annex 6 [↑](#footnote-ref-4)
5. Intergovernmental Oceanographic Commission. *IOC Criteria and Guidelines on the Transfer of Marine Technology (CGTMT)/ Critères et principes directeurs de la COI concernant le Transfert de Techniques Marines (CPTTM)*. Paris, UNESCO, 2005. 68pp. (IOC Information document, 1203) [↑](#footnote-ref-5)