

УДК 004.6; 556.5

Anton Gordeev, Dr. Sci. (Geogr.), Researcher

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7263-0525> **e-mail:** drangoru@gmail.com

Sergiy Fedoseienkov, PhD (Geol.), Director

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9576-2977> **e-mail:** 22lex22s@ukr.net

Oleksiy Shundel, PhD (Phys. & Math.), Head of the Department of hydroacoustic research

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3076-9553> **e-mail:** lixyta666@gmail.com

Oleksandr Shchypsov, PhD (Jur.), Senior Researcher

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-3374-1012> **e-mail:** ss0806365@gmail.com

Svitlana Nevierova, Researcher

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-7472-4776> **e-mail:** sidzp2019@gmail.com

State Institution "Scientific Hydrophysical Center of the National Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine

SOME ASPECTS OF CREATING A SYSTEM OF OCEANOGRAPHIC DATA QUALITY ASSURANCE AND CONTROL

Abstract. *This article is dedicated to substantiating the methods for quality control of temperature and salinity data in marine environmental research. Accurate and reliable measurements of these parameters are critical for modeling oceanographic processes, monitoring climate change, and preserving marine ecosystems. The study examines primary data collection methods, including in situ measurements, remote sensing, and laboratory analysis, with a detailed description of equipment such as CTD devices, ARGO floats, and autonomous underwater vehicles. Recommendations on calibration, standardization, and data processing are discussed, along with the use of modern software to ensure data quality. The article demonstrates the importance of controlled data for various research tasks, such as climate modeling, ocean current analysis, and marine resource management. The significance of a comprehensive approach to ensuring data accuracy for the advancement of science and effective environmental management is emphasized.*

Keywords: *oceanographic data bank, CTD instruments, oceanographic research, oceanographic data quality.*

© А.Ю. Гордеев, С.Г. Федосєєнков, О.І. Шундель, О.О. Щипцов, С.І. Невєрова, 2024

А.Ю. Гордєєв, С.Г. Федосєєнков, О.І. Шундель, О.О. Щипцов, С.І. Неверова

Державна установа «Науковий гідрофізичний центр Національної академії наук України», м. Київ, Україна

ДЕЯКІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ОКЕАНОГРАФІЧНИХ ДАНИХ

***Анотація.** Стаття присвячена деяким аспектам створення системи забезпечення та контролю якості океанографічних даних, а саме обґрунтуванню методів контролю якості даних температури та солоності у дослідженнях морського середовища. Точні та надійні вимірювання цих параметрів є критичними для моделювання океанографічних процесів, моніторингу кліматичних змін і збереження морських екосистем. У роботі розглянуто основні методи збору даних, включаючи натурні вимірювання, дистанційне зондування та лабораторний аналіз, із детальним описом обладнання, такого як CTD-прилади, поплавки ARGO та автономні підводні апарати. Описано рекомендації з калібрування, стандартизації та обробки даних, а також використання сучасного програмного забезпечення для забезпечення якості даних. Стаття демонструє значення контрольованих даних для різних дослідницьких завдань, таких як моделювання клімату, аналіз морських течій і управління морськими ресурсами. Підкреслюється важливість комплексного підходу до забезпечення точності даних для подальшого розвитку науки та ефективного екологічного управління.*

***Ключові слова:** банк океанографічних даних, CTD-прилади, океанографічні дослідження, якість океанографічних даних.*

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.4.157-168>

Вступ

Соціальну значущість вимірювань та відбору проб на морі, а також необхідність якомога ширшого та зручнішого для користувачів розповсюдження результатів неможливо переоцінити. З баз даних можна і потрібно отримувати більше послуг і продуктів, корисних для науковців, промисловості, широкого загалу та політиків.

З цією метою в Державній установі «Науковий гідрофізичний центр Національної академії наук України» було створено Банк океанографічних даних НАН України (рис. 1) [1].

Банк океанографічних даних об'єднує відкриті цифрові сховища різноманітних наборів даних для управління, доступу та обміну даними, інформацією, продуктами та знаннями, що збираються океанографічним флотом, історичними даними (зібрані у попередні роки і навіть століття) з різних джерел (інтернет, книги, статті, звіти експедиційних досліджень тощо), новими автоматичними системами спостереження та космічними засобами [2].

Наповнення океанографічними даними банку – одна з головних цілей його актуальності. Для цього виконується комплекс заходів, а саме збір емпіричних даних з різних джерел – експедиційні дослідження з застосуванням суден, збір інформації з мобільних та стаціонарних станцій, супутникові дані тощо [3]. Головним показником зібраних даних з різних джерел та різноманітним обладнанням є їх якість. Якість даних – характеристика, що свідчить про придатність даних до використання. Це також стосується стану набору значень

якісних чи кількісних змінних, якими є емпіричні океанографічні дані, зібрані океанографічним обладнанням у природному середовищі. Дані зазвичай вважаються високоякісними, якщо вони придатні для передбачуваного використання в подальшому, при ухваленні рішень та плануванні. Якість зібраних даних впливає на якість результатів аналізу та прогнозу природного довкілля, ситуаційного та прогнозного моделювання, де ці дані є основою розрахунків.

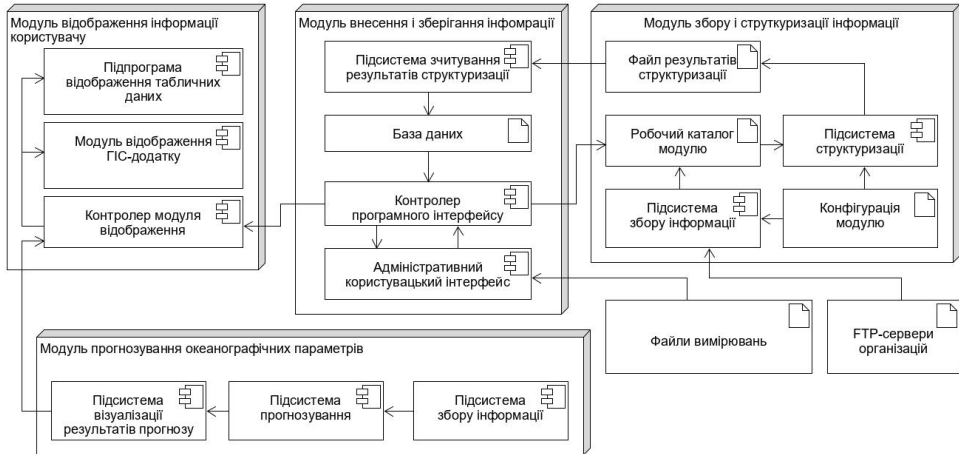


Рис. 1. Архітектура Банку океанографічних даних НАН України

Для вирішення поставлених задач необхідно створити комплексний підхід до контролю якості емпіричних даних до їх внесення до Банку океанографічних даних НАН України. Це стосується форматів, географічної прив'язки даних, отриманих з різного обладнання, повноти метаданих, контролю за системними та випадковими відхиленнями в серіях даних, роботи обладнання, умов збору тощо. Також треба зважати на участь України в роботі з міжнародного обміну океанографічними даними і забезпечення якості на рівні державних та міжнародних стандартів.

Рішенням цієї проблеми займаються всі утримувачі подібних банків океанографічних даних. Розроблено міжнародні стандарти та рекомендації, що потребують застосування з врахуванням наявного локального обладнання та власної специфіки збору даних.

Архівування та збереження даних надає можливість їх повторного використання у нових дослідженнях; збереження унікальних даних спостережень, які неможливо відтворити; розширення наявних даних для дослідницьких проектів, а також для управління морським середовищем, освіти, історії та інших цілей [3].

Довіра до даних включає важливі аспекти, які розглядаються в дослідженнях на основі даних: безпека, конфіденційність, право власності, гарантоване походження, автентичність, а також якість даних та метаданих.

Тому до забезпечення збереження даних – внесення до банку океанографічних даних – необхідно здійснити перевірку і контроль за якістю даних, що будуть зберігатись та використовуватись у подальших дослідженнях користувачів.

В цій статті розглянуто деякі аспекти створення системи забезпечення та контролю якості океанографічних даних з врахуванням міжнародних рекомендацій та досвіду в галузі обміну океанографічними даними.

Метою цієї статті є дослідження та обґрунтування методів контролю якості даних на прикладі вимірювання температури та солоності у морських дослідженнях. У статті розглядаються методи, перевірені практики, стандарти контролю якості, програмне забезпечення та приклади використання контрольованих даних, які забезпечують надійність океанографічних даних.

Виклад основного матеріалу дослідження

Високоякісні дані про температуру та солоність є основою для багатьох океанографічних досліджень, адже саме ці параметри визначають фізичні властивості морської води, зокрема її щільність, яка впливає на циркуляцію водних мас та інші процеси, що відбуваються в океанах. Надійність таких даних є критично важливою для моделювання кліматичних змін, оцінки стану морських екосистем, а також для прогнозування глобальних та локальних змін у морському середовищі [4–6].

Забезпечення точності цих даних залежить від багатьох чинників: від типу використовуваного обладнання та методів збору до умов проведення вимірювань і процедур обробки. Для отримання репрезентативних і достовірних результатів необхідно враховувати специфіку роботи з різними технологіями, такими як натурні вимірювання, дистанційне зондування та лабораторний аналіз. Кожен із цих методів має свої переваги й виклики, пов'язані з особливостями збору даних у складних природних умовах і на різних глибинах.

Подальший виклад основного матеріалу зосереджується на детальному аналізі методів збору океанографічних даних. Розглянуто, як сучасні технології забезпечують точність вимірювань, які процедури дозволяють мінімізувати похибки, а також які підходи використовуються для забезпечення відповідності міжнародним стандартам. Особливу увагу приділено опису ключових інструментів, таких як *CTD*-прилади, автономні поплавки *ARGO*, а також супутникові та лабораторні методи аналізу.

1. Методи збору океанографічних даних

Сучасні методи збору даних для вимірювання параметрів температури та солоності океанічної води ґрунтуються на використанні різноманітного обладнання та технологій, які забезпечують точність і надійність результатів. До найбільш поширених методів відносяться натурні вимірювання, дистанційне зондування та лабораторний аналіз.

Одним з основних приладів натурних вимірювань в океанології для отримання даних є *CTD*-датчики, що вимірюють солоність, температуру води та тиск [7]. *CTD*-прилади широко застосовуються на дослідницьких суднах і дозволяють отримати точні профілі властивостей водяного стовпа. Під час розгортання робіт *CTD*-прилад занурюється на задану глибину, а дані реєструються як при опусканні, так і при підйомі пристрою. Використання *CTD*-приладів вимагає регулярної перевірки, тобто калібрування, яке зазвичай виконується з використанням стандартизованих еталонів, рекомендованих

Міжурядовою океанографічною комісією ООН (далі – МОК). Це дозволяє досягати високої точності у вимірюваннях та зменшує ризик похибок, викликаних умовами навколишнього середовища, що особливо важливо при зборі даних на значних глибинах, де температурні коливання можуть бути мінімальними, але суттєвими для аналізу.

Крім *CTD*-приладів, натурні вимірювання температури можуть виконуватись за допомогою термісторів та термопар, які відзначаються високою чутливістю та здатністю швидко реагувати на зміни температури. Термопари, зокрема, часто застосовуються для точних вимірювань у лабораторних умовах та для обробки проб води, де потрібна деталізована інформація про температуру зразків. Завдяки своїй високій чутливості та широкому діапазону вимірювань, термістори та термопари забезпечують надійність результатів у процесах, де зміна температури може суттєво впливати на хімічні або біологічні властивості води.

Автономні дрейфуючі поплавки *ARGO* також роблять великий внесок у збір океанографічних даних, особливо для віддалених або важкодоступних регіонів океану [8]. Поплавки *ARGO* здатні занурюватися на глибину до 2000 метрів, де вони збирають дані, зокрема – про температуру та солоність, які потім передаються дослідникам через супутник. Ця технологія дозволяє проводити безперервний моніторинг океану в глобальному масштабі, забезпечуючи дослідників детальною інформацією про зміни температури та солоності в різних кутках світу. Поплавки є автономними, а тому можуть збирати дані впродовж тривалого періоду, що дозволяє створювати тривалі часові ряди для кліматичних досліджень. Ці методи надають дискретні океанографічні дані стану океану.

Крім натурних методів, для отримання океанографічних даних широко застосовується дистанційне зондування за допомогою супутників. Супутникові системи, такі як *AVHRR* (*Advanced Very High Resolution Radiometer*), *MODIS* (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), забезпечують точні вимірювання температури поверхні моря (*sea surface temperature – SST*). Деякі сучасні супутники також здатні оцінювати солоність поверхні води, що є важливим для досліджень впливу глобальних змін клімату на циркуляцію океанів [9]. Дані супутникових спостережень поверхні океану використовуються для аналізу великих ділянок в режимі реального часу і є критично важливими для прогнозування кліматичних змін та екологічного моніторингу. При цьому отримуються поля океанографічних даних стану поверхні океану (до 1 см вглиб).

Автономні підводні апарати (далі – АПА), такі як глибоководні дрони, також займають важливе місце в дослідженнях морського середовища. Вони можуть занурюватися на великі глибини, збираючи дані температури і солоності, а також інші параметри, недоступні для традиційних методів. АПА дозволяють вивчати унікальні зони, такі як гідротермальні джерела або полярні регіони, де використання звичайного обладнання може бути обмежене. Завдяки своїй автономності АПА можуть працювати у важкодоступних умовах, забезпечуючи дослідників цінними даними про фізичний і хімічний склад води [10].

Значення лабораторного аналізу у зборі даних полягає в можливості отримати детальну інформацію про склад води (одним з параметрів якої є солоність), яку неможливо визначити за допомогою польових методів.

Наприклад, зразки води, зібрані з різних глибин за допомогою пляшок *Niskin* чи *GO-FLO*, можуть бути збережені для подальшого аналізу у лабораторіях. Для контролю якості зразків часто застосовуються процедури консервування, що включають використання хімічних речовин або зберігання при низьких температурах, щоб уникнути розкладання органічних речовин або змін вмісту розчинених газів. Лабораторний аналіз надає детальну інформацію про концентрацію поживних речовин, мікроелементів, а також розчиненого органічного вуглецю, що є важливим для розуміння біогеохімічних процесів у морських екосистемах.

Таким чином, комплексний підхід до збору океанографічних даних, що включає натурні вимірювання, дистанційне зондування та лабораторний аналіз, забезпечує інтегральний підхід до глибокого розуміння процесів у морському середовищі.

2. Практики та рекомендації з контролю якості

Забезпечення точності та надійності даних температури і солоності вимагає ретельного контролю на кожному етапі збору і обробки даних. МОК та інші міжнародні організації надають конкретні рекомендації для встановлення високих стандартів у процесах збору, калібрування і стандартизації даних.

Однією з ключових практик є регулярна перевірка та калібрування вимірювальних приладів. Це особливо важливо для приладів, які використовуються в польових умовах, оскільки вони схильні до змін і похибок під впливом зовнішніх факторів під час експлуатації та транспортування. Калібрування забезпечує точність показників та їх відповідність стандартам, що особливо важливо для довготривалих вимірювань. Наприклад, перед кожним розгортанням *CTD*-приладу на дослідницькому судні він проходить калібрування з використанням сертифікованих еталонів. Для солоності це можуть бути стандартизовані розчини морської води, що допомагають усунути похибки, спричинені забрудненням чи зносом обладнання.

Не менш важливою є стандартизація процедур для забезпечення порівнянності отриманих результатів. Наприклад, всі дані, зібрані різними науковими групами або з різних дослідницьких суден, повинні бути однаково оброблені і задокументовані, щоб уникнути розбіжностей у результатах. МОК рекомендує застосовувати єдині протоколи збору даних, які включають послідовність вимірювань, порядок обробки зразків, а також процедури зберігання даних у спеціалізованих базах [11]. Завдяки цьому всі зібрані дані зберігаються в уніфікованому форматі, що дозволяє їх використовувати у масштабних дослідженнях і порівняннях, наприклад, у кліматичних моделях.

Ще одним важливим аспектом контролю якості є автоматизований аналіз ідентифікації аномалій, що може виявляти непередбачувані відхилення. Наприклад, якщо під час експедиції були отримані значення температури, які значно відрізняються від середньорічних для певної точки, система автоматично виділяє ці значення для подальшої перевірки. Це дозволяє оперативно виправляти дані, якщо аномалія виникла через технічний збій, або ж підтвердити зміни, що можуть вказувати на кліматичні аномалії.

Іншим важливим аспектом є збереження та архівування даних. Зібрані дані з температури та солоності мають надійно зберігатися для забезпечення їхньої доступності в майбутньому. Для цього використовується спеціалізоване програмне забезпечення для зберігання і управління даними, яке дозволяє

зберігати інформацію з високим ступенем захисту. Архівування даних в міжнародних базах, таких як *PANGAEA* або *World Ocean Database*, забезпечує не лише довготривале зберігання, але й доступність для інших наукових груп [12, 13]. Це дозволяє використовувати ці дані для подальших досліджень, порівняння або перевірки результатів.

Ці рекомендовані практики є основою для можливості забезпечення високої якості параметрів океанографічних даних, необхідних для надійного аналізу стану океанів та прогнозування кліматичних змін.

3. Стандартизація та протоколи перевірки

Стандартизація є ключовою вимогою для забезпечення узгодженості та якості даних у морських дослідженнях. Чіткі стандарти та протоколи забезпечують порівнянність отриманих даних незалежно від місця, часу збору або використовуваних інструментів. Основні міжнародні організації, такі як МОК, надають чіткі рекомендації щодо збору даних, які сприяють створенню єдиної системи при плануванні та виконанні океанографічних досліджень [11].

Крім того, для підтримки якості даних необхідно використовувати стандартизовані протоколи перевірки. Це включає як процедури автоматичної обробки, так і збереження та архівування даних. Після збору дані проходять обов'язкову процедуру валідації, під час якої проводять перевірку на наявність аномалій, що можуть свідчити про технічні помилки або збій обладнання. Наприклад, значення, які суттєво відрізняються від середньостатистичних для певного регіону чи сезону, підлягають окремому детальному аналізу людиною.

Таким чином, стандартизація забезпечує стійкість і якість даних, що необхідні для точного прогнозування стану океанів.

4. Програмне забезпечення та алгоритми для обробки даних

Для ефективного контролю якості і забезпечення надійності даних температури та солоності важливу роль відіграють програмні засоби та алгоритми обробки, що автоматизують процес аналізу та виявлення аномалій у великих масивах даних. Завдяки використанню спеціалізованого програмного забезпечення дослідники мають можливість значно пришвидшити обробку даних, виявити можливі помилки на ранніх етапах і оптимізувати процедури контролю якості.

Одним з поширених інструментів для роботи з океанографічними даними є рекомендована МОК програма *Ocean Data View (ODV)* [14], яка дозволяє візуалізувати, обробляти та аналізувати дані. Завдяки вбудованим інструментам для побудови профілів температури та солоності, *ODV* може використовуватись для ідентифікації аномалій у вертикальних та горизонтальних розрізах водяного стовпа. Наприклад, якщо дані показують різкі зміни солоності на певній глибині, які не характерні для цього регіону, це може вказувати на помилку у вимірюваннях або аномальне явище, що потребує додаткового дослідження. Використання таких програм дозволяє швидко отримувати і візуалізувати інформацію, яка допомагає у виявленні помилок та ухваленні рішень щодо подальших коригувань.

Крім того, для аналізу великих обсягів даних часто використовуються математичні алгоритми, зокрема алгоритми часових рядів, що дозволяють відстежувати довготривалі тренди та сезонні зміни в океанографічних

параметрах. У програмному середовищі *Matlab* [15], яке широко застосовується для наукових розрахунків, можна побудувати алгоритми, які автоматично виявляють аномальні значення, порівнюючи дані з історичними показниками. Наприклад, алгоритм може виявити, що в регіоні, де зазвичай спостерігаються стабільні показники температури, раптово зафіксоване підвищення. Така інформація є цінною для своєчасного виявлення змін у морському середовищі, що можуть бути пов'язані з кліматичними аномаліями або природними явищами.

Ще одним корисним методом є алгоритми для обробки багатосарових даних, коли дані температури та солоності поєднуються з іншими параметрами, такими як глибина, тиск і час. Це дозволяє створювати детальні моделі морських середовищ і використовувати комплексний підхід до аналізу. Наприклад, у разі значних відхилень температури на великій глибині ці відхилення можуть бути підтвержені або спростовані на основі супутніх даних, таких як тиск чи електропровідність. Комплексний підхід до контролю якості, що забезпечується алгоритмами аналізу багатofакторних даних, дозволяє отримати більш точні результати й уникнути хибних інтерпретацій.

Таким чином, програмне забезпечення і алгоритми забезпечують надійний контроль за якістю даних, підвищують ефективність обробки і дозволяють науковцям фокусуватися на глибинному аналізі та інтерпретації отриманих результатів.

5. Приклади використання контрольованих даних для досліджень

Контрольовані дані температури та солоності є основою для багатьох досліджень, що спрямовані на аналіз та прогнозування океанічних процесів, а також моніторинг змін клімату. Завдяки якісним та надійним даним, дослідники можуть глибше розуміти взаємозв'язки в морському середовищі та застосовувати отримані результати для вирішення екологічних проблем і управління морськими ресурсами [4–6].

Одним із найважливіших напрямів використання контрольованих даних є оцінка змін клімату. Дані температури, зібрані у різних регіонах Світового океану, дозволяють відслідковувати зміни в океанічних течіях і термоклинах океану, які безпосередньо пов'язані зі змінами клімату. Наприклад, у рамках програми *ARGO*, що використовує автономні поплавки, зібрані дані вказують на стабільне підвищення температури поверхневих вод за останні роки, особливо в полярних регіонах. Ці спостереження є важливими для моделювання кліматичних процесів і прогнозування їх впливу на прибережні екосистеми.

Інший важливий приклад застосування якісних даних – аналіз змін океанічних течій. Течії, як відомо, відіграють значну роль у глобальній циркуляції океану, переносячи тепло та поживні речовини. Відхилення параметрів температури і солоності можуть вказувати на зміни у структурі та силі течій, що впливають на циркуляцію водних мас. Наприклад, контрольовані дані температури використовуються для аналізу Гольфстріму, який обігріває Північну Атлантику. Зміни температурних показників за останні роки вказують на ослаблення Гольфстріму, що потенційно може вплинути на клімат Європи та Північної Америки.

Якісні дані також мають вагоме значення для моніторингу стану морських екосистем та управління рибальством. Солоність є ключовим фактором, що впливає на розподіл планктону, який, у свою чергу, є основним джерелом харчування для багатьох видів риб. Завдяки точним даним дослідники можуть прогнозувати, в яких регіонах і в які періоди буде спостерігатись підвищена продуктивність біоресурсів. Наприклад, високоякісні дані про солоність та температуру дозволяють оцінити вплив солоності на нерест риб та оптимізувати зони для риболовлі, що забезпечує раціональне використання біоресурсів.

Отримані контрольовані дані також використовуються для розробки моделей і прогнозів глобальних змін клімату. Комплексний підхід, що поєднує якісні показники температури, солоності та інші океанографічні параметри, дозволяє створювати довготривалі прогнози на основі інтегрованих кліматичних моделей. Це дає можливість вчасно оцінювати ризики і розробляти адаптивні стратегії для зменшення негативних впливів на морське середовище.

Таким чином, контрольовані дані температури та солоності є основою для досліджень, що мають вирішальне значення у розумінні кліматичних і океанічних процесів. Вони допомагають не лише дослідникам, але й органам управління приймати обґрунтовані рішення для збереження і стійкого використання морських ресурсів.

Висновки

Контроль якості даних параметрів температури та солоності є невід'ємною частиною сучасних океанографічних досліджень і забезпечує достовірність, точність і репрезентативність отриманих результатів. Завдяки розробленим міжнародним стандартам і протоколам, а також впровадженню новітніх технологій, таких як автоматизоване програмне забезпечення та алгоритми для обробки даних, застосування перевірених часом рекомендованих практик, дослідники мають можливість здійснювати якісний моніторинг морських середовищ. Якісні дані океанографічних параметрів, що досліджуються, є основою для моделювання океанічних процесів і прогнозування кліматичних змін, що має вирішальне значення для розробки стратегій адаптації до глобальних змін клімату.

Використання контрольованих даних про параметри температури і солоності дозволяє глибше розуміти зміни у морському середовищі та оцінювати вплив антропогенних і природних факторів на океанічні процеси. Завдяки якісним і точним вимірюванням стає можливим оцінювати стан морських екосистем, управляти морськими ресурсами і вчасно реагувати на зміни, що відбуваються в океані.

Отже, дотримання високих стандартів контролю якості та використання комплексного підходу до збору та обробки океанографічних даних є запорукою успішного проведення досліджень морського середовища та внеском у розвиток наукових знань про океан. Надійні дані, отримані завдяки контролю якості, забезпечують основні ресурси для подальших наукових відкриттів і екологічно орієнтованих управлінських рішень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Щипцов О.А. (2022). Експериментальний зразок гідрофізичного програмно-технологічного комплексу. *Океанографічний журнал (Проблеми, методи та засоби досліджень Світового океану)*, 4(15), С. 3-24.
2. Приходнюк В.В., Тимченко Ю.А., Надутенко М.В., & Гордєєв А.Ю. (2020). Автоматизована обробка даних для оцінки гідрофізичного стану акваторій Чорного моря. *Океанографічний журнал (Проблеми, методи та засоби досліджень Світового океану)*, 2(13), С. 114-129.
3. Щипцов О.А., Гордєєв А.Ю., Стефанов Г.С., Тимчук І.В., & Федосєєнков С.Г. (2021). Неможливо керувати тим, що ще не виміряно. *Океанографічний журнал (Проблеми, методи та засоби досліджень Світового океану)*, 3(14), С. 60-70.
4. Шундель, О., & Федосєєнков, С. (2022). Створення системи комплексного моніторингу стану водного середовища Чорного моря шляхом його математичного моделювання. *Екологічна безпека та природокористування*, 41(1), 111–120. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.111-120>
5. Лебідь, О., Охарєв, В., Федосєєнков, С., Шундель, О., Теличко, Р., & Клименков, О. (2023). Геоінформаційні технології екологічного моніторингу акваторії Чорного моря після руйнування Каховської ГЕС. *Екологічна безпека та природокористування*, 48(4), 130–144. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.4.130-144>
6. Щипцов, О., Гордєєв, А., Лебідь, О., Охарєв, В., Теличко, Р., Федосєєнков, С., & Шундель, О. (2023). Інформаційні технології в задачах автоматизації моделювання та прогнозування гідрофізичної обстановки в акваторії Чорного моря. *Екологічна безпека та природокористування*, 45(1), 91–103. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.1.91-103>
7. Федосєєнков С.Г., & Щипцов О.О. (2023). Науково-дослідна експедиція "Дніпро–2023". *Океанографічний журнал (Проблеми, методи та засоби досліджень Світового океану)*, 5(16), С. 74-85. [https://doi.org/10.37629/2709-3972.5\(16\).2023.74-85](https://doi.org/10.37629/2709-3972.5(16).2023.74-85)
8. Morris T, Scanderbeg M, West-Mack D, Gourcuff C, Poffa N, Bhaskar TVSU, Hanstein C, Diggs S, Talley L, Turpin V, Liu Z, & Owens B. (2024). Best practices for Core Argo floats – part 1: getting started and data considerations. *Front. Mar. Sci.* 11, P.1358042. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1358042>
9. Kalluri, S., Cao C., Heidinger A., Ignatov A., Key J., & Smith T. (2021). The Advanced Very High Resolution Radiometer: Contributing to Earth Observations for over 40 Years. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 102(2), P. E351–E366, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0088.1>
10. Федосєєнков С.Г. (2023). Перспективи застосування сонара Oculus M750d та підводного дрона Chasing M2 PRO при проведенні гідроакустичних досліджень морських (річкових) акваторій і підводно-технічних робіт. *Океанографічний журнал (Проблеми, методи та засоби досліджень Світового океану)*, 5(16), С. 60-67. [https://doi.org/10.37629/2709-3972.5\(16\).2023.60-67](https://doi.org/10.37629/2709-3972.5(16).2023.60-67)
11. Гордєєв А.Ю. (2023). Сучасний стан політики Міжурядової океанографічної комісії ЮНЕСКО щодо управління та обміну океанографічними даними. *Океанографічний журнал (Проблеми, методи та засоби досліджень Світового океану)*, 5(16), С. 3-24. [https://doi.org/10.37629/2709-3972.5\(16\).2023.3-24](https://doi.org/10.37629/2709-3972.5(16).2023.3-24)
12. PANGAEA. Data Publisher for Earth & Environmental Science. <https://pangaea.de/>
13. Mishonov A.V., Boyer T.P., Baranova O.K., Bouchard C.N., Cross S., Garcia H.E., et al. (2024). World Ocean Database 2023. С. Bouchard, Technical Ed., NOAA Atlas NESDIS 97, 206 p. doi.org/10.25923/z885-h264. Retrieved from https://www.ncei.noaa.gov/data/oceans/woa/WOD/DOC/wod_intro.pdf
14. Ocean Data View (ODV) . <http://odv.awi.de/>
15. MATLAB. <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

Стаття надійшла до редакції 18.09.2024 і прийнята до друку після рецензування 09.12.2024

REFERENCES

1. Shhycov, O.A. (2022). Eksperymental'nyj zrazok gidrofizychnogo programno-tehnologichnogo kompleksu. *Okeanografichnyj zhurnal (Problemy, metody ta zasoby doslidzhen' Svitovogo okeanu)*, 4(15), 3-24 [in Ukrainian].
2. Pryhodnjuk, V.V., Tymchenko Ju.A., Nadutenko, M.V., & Gordjejev, A.Ju. (2020). Avtomatyzovana obrobka danyh dlja ocinky gidrofizychnogo stanu akvatorij Chornogo morja. *Okeanografichnyj zhurnal (Problemy, metody ta zasoby doslidzhen' Svitovogo okeanu)*, 2(13), 114-129 [in Ukrainian].
3. Shhycov, O.A., Gordjejev, A.Ju., Stefanov, G.S., Tymchuk, I.V., & Fedosejenkov, S.G. (2021). Nemozhlyvo keruvaty tym, shho shhe ne vymirjano. *Okeanografichnyj zhurnal (Problemy, metody ta zasoby doslidzhen' Svitovogo okeanu)*, 3(14), 60-70 [in Ukrainian].
4. Shundel, A.I., & Fedoseenkov, S.G. (2022). Creation of a system of comprehensive monitoring of the aquatic environment state of the black sea by its mathematical modeling. *Environmental Safety and Natural Resources*, 41(1), 111–120. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.111-120> [in Ukrainian].
5. Lebid, O.H., Okhariev, V.O., Fedoseienkov, S.H., Shundel, O.I., Telychko, R.I., & Klymenkov, O.A. (2023). Geoinformation technologies of environmental monitoring in the Black Sea after Kakhovska hydroelectric power plant disaster. *Environmental Safety and Natural Resources*, 48(4), 130–144. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.4.130-144> [in Ukrainian].
6. Shyptsov, O.A., Gordeev, A.Y., Lebid, O.H., Okhariev, V.O., Telychko, R.I., Fedoseienkov, S.H., & Shundel, O.I. (2023). Information technologies for automation of hydrophysical situation modelling and forecasting in the Black Sea region. *Environmental Safety and Natural Resources*, 45(1), 91–103. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.1.91-103> [in Ukrainian].
7. Fedosejenkov S.G., & Shhycov O.O. (2023). Naukovo-doslidna ekspedycja "Dnipro–2023". *Okeanografichnyj zhurnal (Problemy, metody ta zasoby doslidzhen' Svitovogo okeanu)*, 5(16), 74-85. [https://doi.org/10.37629/2709-3972.5\(16\).2023.74-85](https://doi.org/10.37629/2709-3972.5(16).2023.74-85) [in Ukrainian].
8. Morris, T., Scanderbeg, M., West-Mack, D., Gourcuff, C., Poffa, N., Bhaskar, T.V.S.U., Hanstein, C., Diggs, S., Talley, L., Turpin, V., Liu, Z., & Owens, B. (2024). Best practices for Core Argo floats – part 1: getting started and data considerations. *Front. Mar. Sci.* 11, 1358042. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1358042>
9. Kalluri, S., Cao, C., Heidinger, A., Ignatov, A., Key, J., & Smith, T. (2021). The Advanced Very High Resolution Radiometer: Contributing to Earth Observations for over 40 Years. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 102(2), E351–E366. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0088.1>
10. Fedosejenkov, S.G. (2023). Perspektyvy zastosuvannja sonara Oculus M750d ta pidvodnogo drona Chasing M2 PRO pry provedenni gidroakustychnyh doslidzhen' mors'kyh (richkovykh) akvatorij i pidvodno-tehnichnyh robit. *Okeanografichnyj zhurnal (Problemy, metody ta zasoby doslidzhen' Svitovogo okeanu)*, 5(16), 60-67. [https://doi.org/10.37629/2709-3972.5\(16\).2023.60-67](https://doi.org/10.37629/2709-3972.5(16).2023.60-67) [in Ukrainian].
11. Gordjejev, A.Ju. (2023). Suchasnyj stan polityky Mizhurjadovoi' okeanografichnoi' komisii' JuNESKO shhodo upravlinnja ta obminu okeanografichnymy danymy. *Okeanografichnyj zhurnal (Problemy, metody ta zasoby doslidzhen' Svitovogo okeanu)*, 5(16), 3-24. [https://doi.org/10.37629/2709-3972.5\(16\).2023.3-24](https://doi.org/10.37629/2709-3972.5(16).2023.3-24) [in Ukrainian].
12. PANGAEA. Data Publisher for Earth & Environmental Science. <https://pangaea.de/>
13. Mishonov, A.V. et al. (2024). World Ocean Database 2023. C. Bouchard, Technical Ed., NOAA Atlas NESDIS 97, 206 p. doi.org/10.25923/z885-h264. Retrieved from https://www.ncei.noaa.gov/data/oceans/woa/WOD/DOC/wod_intro.pdf
14. Ocean Data View (ODV) . Retrieved from <http://odv.awi.de/>
15. MATLAB. Retrieved from <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

The article was received 18.09.2024 and was accepted after revision 09.12.2024

Гордєєв Антон Юрійович

доктор географічних наук, старший науковий співробітник відділу океанографії Державної установи «Науковий гідрофізичний центр Національної академії наук України»

Адреса робоча: Україна, м. Київ, пр. Академіка Глушкова, 42, лабораторний корпус В
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7263-0525> **e-mail:** drangoru@gmail.com

Федосєнков Сергій Генадійович

кандидат геологічних наук, в.о. директора Державної установи «Науковий гідрофізичний центр Національної академії наук України»

Адреса робоча: Україна, м. Київ, пр. Академіка Глушкова, 42, лабораторний корпус В
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9576-2977> **e-mail:** 22lex22s@ukr.net

Шундель Олексій Іванович

кандидат фізико-математичних наук, завідувач відділу гідроакустичних досліджень Державної установи «Науковий гідрофізичний центр Національної академії наук України»

Адреса робоча: Україна, м. Київ, пр. Академіка Глушкова, 42, лабораторний корпус В
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3076-9553> **e-mail:** lixyta666@gmail.com

Щипцов Олександр Олександрович

кандидат юридичних наук, старший науковий співробітник відділу океанографії Державної установи «Науковий гідрофізичний центр Національної академії наук України»

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-3374-1012> **e-mail:** ss0806365@gmail.com

Неверова Світлана Іванівна

науковий співробітник відділу гідроакустичних досліджень Державної установи «Науковий гідрофізичний центр Національної академії наук України»

Адреса робоча: Україна, м. Київ, пр. Академіка Глушкова, 42, лабораторний корпус В
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-7472-4776> **e-mail:** sidzp2019@gmail.com