

**Коморін В. М., к.г.н., с.н.с., Надич Ю. М.**  
*НДУ «Український науковий центр екології моря»*

## **МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА**

*Виконано аналіз системи метрологічного забезпечення вимірювань показників якості морського середовища в межах виконання державного морського екологічного моніторингу. Розглянуто основні питання щодо простежуваності, невизначеності та похибки вимірювань.*

***Ключові слова:** метрологічне забезпечення, якість, вимірювання, простежуваність вимірювання, невизначеність вимірювання, похибка вимірювання.*

**Вступ.** У зв'язку із прийнятою стратегією стійкого розвитку в Україні повинен зростати якісний рівень екологічного забезпечення промисловості та сільського господарства. Оскільки Україна є морською державою і одним з найбільш значущих секторів в економіці країни є морегосподарська діяльність, то стан навколишнього природного середовища морів є одним з пріоритетних стратегічних питань, пов'язаних з національною безпекою країни. Успішне вирішення всіх питань, пов'язаних з оцінкою стану навколишнього природного середовища та аналізом впливу на нього антропогенних факторів, пов'язано з системою управління якістю вимірювань, яке у свою чергу базується на системі метрологічного забезпечення вимірювань.

**Проблеми, пов'язані із забезпеченням контролю і гарантії якості вимірювань в морському екологічному моніторингу.** На цей час діяльність у сфері метрологічного забезпечення аналітичних вимірювань на державному рівні здійснюється на базі Державної Метрологічної Системи (ДМС), яка має відповідну організаційну структуру та формується із законодавчої, наукової, технічної нормативно-правової баз з метрології, спрямованих на забезпечення єдності вимірювань. Для реалізації єдиної технічної політики метрологічна діяльність здійснюється у відповідності з вимогами, нормами і правилами міжнародних, національних і державних стандартів.

Метрологічне забезпечення і забезпечення контролю, гарантії якості не можливі без стандартизації, тому нормативні документи (НД) з метрології охоплюють значну кількість її об'єктів, а саме: термінологію у галузі метрології, порядок відтворення і передавання розмірів одиниць фізичних величин і шкал вимірювання, способи і форми подання результатів вимірювань та метрологічних характеристик, методи оцінювання похибок і невизначеності вимірювання, порядок розроблення та атестацій методик вимірювань, комплекси нормованих метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), методів встановлення та коригування міжповірочних (рекомендованих між калібрувальних) інтервалів, порядок проведення державних випробувань для затвердження типів ЗВТ, порядок проведення метрологічних атестацій, повірки та калібрування ЗВТ, вимоги до державних повірочних схем, методи повірки (калібрування) ЗВТ, методики виконання вимірювань (МВВ) тощо.

Під забезпеченням контролю і гарантії якості морських спостережень мається на увазі впровадження в повсякденну практику аналітичних лабораторій методів, що гарантують і контролюють якість даних. Використання наведених методів на постійній основі дозволить, в остаточному підсумку, зіставити дані, що були отримані в різні моменти часу різними лабораторіями.

Правильність оцінки стану морської екосистеми, а також достовірність прогнозу стану системи залежать від надійності даних, одержаних як у результаті постійно

діючого екологічного моніторингу, так і в окремих наукових проектах. Результати вимірювань можуть бути використані за умови, якщо відомі відповідні характеристики невизначеності або похибки вимірювань.

Метою екологічного моніторингу навколишнього природного середовища (НПС) є забезпечення системи управління станом НПС науковою та фактологічною інформацією, необхідною для вироблення управлінських рішень. Ця інформація має містити оцінку поточного стану НПС і тенденцій його зміни (для визначення потреби в управлінських діях); відомості про причини негативних змін стану НПС (для визначення об'єктів регулювання) і науково обґрунтовані рекомендації щодо управління станом НПС (для прийняття управлінських рішень). Така інформація одержується шляхом спостережень і аналізу даних про стан НПС, джерела і фактори впливу.

Усі види спостережень, обробки, збереження і аналізу даних повинні бути охоплені системою управління якістю вимірювань морського екологічного моніторингу (MEM), діяльність якої спрямована на досягнення результатів відповідно до цілей у сфері якості та для потреб вирішення задач оцінки, діагнозу і прогнозу стану морського довкілля. Необхідно удосконалити структуру системи управління якістю вимірювань, що включає в першу чергу інституційні механізми, нормативно-правову базу та організаційне і технічне забезпечення системи внутрішнього та зовнішнього лабораторного контролю якості вимірювань.

**Нормативно-правове забезпечення.** Формування системи управління якістю MEM має відбуватися у відповідності з державною політикою у сфері управління якістю продукції, яка базується на теорії всеохоплюючого управління якістю ( ДСТУ ISO 9000 – 2001, ДСТУ ISO 9001 – 2001, ISO/IEC 17025 - 2001) [1, 2, 3], в основі якої знаходиться принцип постійного поліпшення якості продукції та орієнтація на споживача. Як відомо, споживачем продукції моніторингової діяльності є система управління станом НПС та морського довкілля як частини НПС. Державне регулювання здійснюється шляхом правових, економічних та організаційних методів. Правова форма державного регулювання реалізується через встановлення жорстких законодавчих норм та контролю за їх дотриманням.

Забезпечення взаємного визнання результатів вимірювань, проведених у різних країнах, в першу чергу, залежить від гармонізації на національному рівні НД щодо простежуваності вимірювань на основі рекомендацій міжнародних і регіональних організацій.

На національному рівні повинна застосовуватись загальноприйнята на міжнародному рівні термінологія щодо простежуваності вимірювання згідно з «Міжнародним словником основних і загальних термінів у метрології» (VIM) [4] та іншими термінологічними і загальними НД та національного законодавства з питань метрології.

Закон України, який визначає правові основи забезпечення єдності вимірювань в Україні, регулює суспільні відносини у сфері метрологічної діяльності та спрямований на захист громадян і національної економіки від наслідків недостовірних результатів вимірювань, є Закон від 11.02.98 N 113/98-ВР "Про метрологію та метрологічну діяльність" [5].

Згідно із Законом, вимірювання можуть виконуватися вимірювальними лабораторіями за умови їх акредитації на право виконання вимірювань. Вимірювання, які здійснюються у сфері поширення державного метрологічного нагляду, мають виконуватися згідно з атестованими методиками виконання вимірювань. Результати вимірювань можуть бути використані за умови, якщо відомі відповідні характеристики похибок або невизначеності вимірювань.

Порядок ввезення на територію України ЗВТ встановлюється Кабінетом Міністрів України. Ввезення на територію України засобів вимірювальної техніки може здійснюватися, якщо типи цих засобів занесені до Державного реєстру України. Повірка ЗВТ, призначених для ввезення на територію України, проводиться під час їх випуску з виробництва повірочними лабораторіями іноземних виробників, уповноважених на її проведення.

Затверджені типи засобів вимірювальної техніки заносяться Держстандартом України до Державного реєстру України.

Перелік засобів вимірювальної техніки, які перебувають в експлуатації і підлягають повірці, складається їх користувачем та подається на погодження до територіального органу Держстандарту України.

Повірка засобів вимірювальної техніки проводиться територіальними органами Держспоживстандарту України, акредитованими на право її проведення. Повірка здійснюється службовими особами територіальних органів Держстандарту України - державними повірниками.

Держспоживстандартом України здійснюється акредитація: метрологічних центрів Держспоживстандарту України, територіальних органів Держстандарту України, метрологічних служб центральних органів виконавчої влади, підприємств і організацій, калібрувальних лабораторій метрологічних служб або інших організаційних структур підприємств і організацій, повірочних (калібрувальних) лабораторій іноземних виробників. У разі позитивного рішення про акредитацію видається у встановленому порядку атестат акредитації.

Акредитація вимірювальних лабораторій, які виконують вимірювання у сфері поширення державного метрологічного нагляду, здійснюється за обов'язкової участі територіальних органів Держспоживстандарту України.

Акредитація лабораторій здійснюється відповідно до вимог, що встановлюються центральними органами виконавчої влади та об'єднаннями підприємств за погодженням з Держстандартом України.

З метою гармонізації національної законодавчо-нормативної бази з європейською та міжнародною базами для вступу України до Світової Організації Торгівлі та до Європейського Союзу досить інтенсивно здійснюється упровадження в Україні міжнародних та європейських стандартів з різних галузей діяльності

Для забезпечення якості вимірювань в аналітичних лабораторіях необхідна їх відповідність вимогам до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій, які містяться у міжнародному стандарті ISO/IEC 17025-2001 "Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій".

Стандарт охоплює випробування та калібрування, що провадяться стандартизованими і не стандартизованими методами та методами, розробленими лабораторією. Цей стандарт застосовують лабораторії під час розроблення власних систем якості, а також адміністративних та технічних систем, що керують їхньою діяльністю. Стандарт можуть також застосовувати замовники лабораторій, органи влади та органи акредитації для оцінювання або визнання компетентності лабораторій.

На Україні процес акредитації лабораторій у відповідності до стандарту ISO/IEC 17025 тільки починає набирати обертів. Але вже на теперішній час існують ряд підприємств та організацій, які вже отримали акредитацію по даному стандарту.

Лабораторія або організація, до складу якої вона входить, повинна бути самостійною правовою одиницею з юридичною відповідальністю.

Система керування лабораторією повинна охоплювати роботи, виконувані на основній її території, у віддалених місцях, а також на тимчасових робочих місцях або у

пересувних лабораторіях.

Лабораторія повинна:

- а) мати керівний і технічний персонал, що має повноваження та ресурси, необхідні для виконання своїх обов'язків і виявлення випадків відхилів від системи якості або від процедур провадження випробовування та/або калібрування, а також для ініціювання дій для попередження або зменшення таких відхилів;
- б) вживати заходів для забезпечення незалежності її керівництва і співробітників від будь-якого невинного, внутрішнього і зовнішнього, комерційного, фінансового або іншого тиску і впливу, який може негативно позначитися на якості їхньої роботи;
- в) визначати політику та процедури, що забезпечують захист конфіденційності інформації і прав власності її замовників, зокрема процедури захисту електронного зберігання та передавання результатів;
- г) визначати політику та процедури, що дозволяють уникнути залучення до будь-якої діяльності, яка знизилася б довіру до її компетентності, неупередженості чи об'єктивності в її діяльності;
- д) визначати організаційну та керівну структуру лабораторії, її місце в організації до складу якої вона входить, а також взаємозв'язки між управлінням якістю, технічною діяльністю і допоміжними службами;
- е) встановлювати відповідальність, повноваження і взаємовідносини всіх співробітників, що керують, виконують або перевіряють роботи, які впливають на якість випробовування та/або калібрування;
- ж) забезпечувати наглядання за співробітниками, що провадять випробовування та калібрування, (у тому числі стажистів), з боку осіб, знайомих з методами та процедурами, метою кожного випробовування та/або калібрування, а також з оцінюванням результатів випробовування або калібрування;
- з) мати технічне керівництво, що несе загальну відповідальність за технічну діяльність і надання необхідних ресурсів для забезпечення належної якості роботи лабораторії;
- і) призначати одного співробітника керівником з якості (як би він не називався), який, незалежно від інших функцій та обов'язків, повинен відповідати, а також мати повноваження, що забезпечують впровадження системи якості та її постійне функціонування; керівник з якості повинен мати безпосередній доступ до найвищого керівництва, яке виносить рішення щодо політики або ресурсів;
- к) призначати заступників керівного персоналу.

Лабораторія повинна встановлювати, впроваджувати і підтримувати систему якості відповідно до галузі її діяльності. Лабораторія повинна документально оформити свою політику, системи, програми, процедури та інструкції в обсязі, необхідному для забезпечення якості результатів випробовування та/або калібрування. Документація системи повинна бути доведена до відома відповідного персоналу, усвідомлена ним, доступна йому та виконуватися ним.

**Система управління якістю вимірювань.** Суб'єктами системи управління якістю вимірювань МЕМ є: управління Мінприроди, на яке покладено функції координатора екологічного моніторингу вод; Міжвідомча комісія ведення державного моніторингу вод; головна організація метрологічної служби, базова організація метрологічної служби.

Забезпечення єдності вимірювань, достовірності і точності вимірювань показників об'єктів морського середовища покладено на Базову організацію метрологічної служби (БОМС) Мінприроди. Згідно Наказу Мінприроди від 12 грудня 2006 року за № 539 функції БОМС у галузі вимірювань показників складу та властивостей морських вод покладені на НДУ «Український науковий центр екології моря» (УкрНЦЕМ). Головним завданням УкрНЦЕМ в межах даного напрямку є здійснення,

відповідно з діючим законодавством, метрологічного нагляду і контролю за станом та застосуванням засобів вимірювальної техніки, атестованими методиками виконання вимірювань, дотриманням метрологічних вимог, норм і правил, нормативної документації щодо забезпечення єдності вимірювання та достовірності і точності вимірювань показників стану об'єктів морського середовища.

На даний час в УкрНЦЕМ проводяться роботи, спрямовані на поліпшення системи якості вимірювань у відповідності до вимог міжнародного стандарту ISO/IEC 17025 для забезпечення виконання на високому науково-методичному рівні задач морського екологічного моніторингу.

Перелік заходів по створенню системи контролю якості вимірювань параметрів морської екосистеми відповідає міжнародному стандарту ISO 17025 та базується на концепції трьох рівнів контролю і гарантії якості спостережень.

Перший рівень включає організацію роботи в кожній окремій лабораторії:

- забезпечення робіт з гарантії якості кожної серії проб: перевірка нульових значень і калібрування, аналіз сертифікованого (або внутрішнього) стандарту, визначення відтворюваності, перевірка за допомогою додавання стандарту до проби, повторний аналіз проби з попередньої серії;
- ведення графіків контролю якості вимірювань;
- проведення експериментів, що дозволяють оцінити характеристики точності аналізів, а також експериментів, що підтверджують правильність виконання окремих стадій аналізів і визначення параметрів по гідрохімії, гідрофізиці і гідробіології;
- оцінка невизначеності вимірювань, що виконуються в лабораторіях аналітичного відділу УкрНЦЕМ;
- складання системи документів, що забезпечують внутрішньолабораторний контроль;
- створення комп'ютеризованої Лабораторної адміністративної системи.

Точність та вірогідність випробовування та калібрування, які проводяться лабораторією, визначають такі чинники:

- людський чинник;
- приміщення та умови довкілля;
- методи випробовування та калібрування і оцінювання придатності методів;
- обладнання;
- простежуваність вимірювання;
- відбирання зразків;
- поведінка з випробовуваними та каліброваними виробами.

Використання перевіреного аналітичного методу, відповідних приладів і обладнання навіть самим досвідченим персоналом не є гарантією того, що лабораторія постійно здійснює надійні аналізи. Фахівець може робити помилки, що може привести до виходу з-під контролю точності одержуваних даних. Якість аналізу характеризують: правильність методу, різні види відтворюваності, повторюваність і чутливість.

Другий рівень може включати роботу як лабораторії, так і базової організації метрологічної служби, по розробці і перевірці внутрішніх стандартів.

Третій рівень включає організацію роботи з внутрішньовідомчої і міжнародної інтеркалібрації лабораторій, проведених відповідною базовою організацією метрологічної служби.

На всіх трьох рівнях контроль повинна здійснювати базова організація метрологічної служби у галузі вимірювань показників складу та властивостей морських вод Міністерства охорони навколишнього природного середовища, яка організує та виконує роботи пов'язані із забезпеченням єдності вимірювань у сфері контролю стану

навколишнього природного середовища, викидів, скидів та відходів, під методологічним керівництвом Головної організації (ГОМС).

**Простежуваність, невизначеність та похибка вимірювань.** Коли мова йде про точність вимірювань не можливо не відзначити такі поняття, як простежуваність, невизначеність, похибка вимірювання.

При оцінюванні невизначеності вимірювання як елемента забезпечення простежуваності на різних рівнях метрологічних робіт застосовуються настанови і рекомендації різних міжнародних і національних рекомендацій. Основою для оцінювання невизначеності вимірювання на світовому рівні є «Настанова щодо відображення невизначеності при вимірюваннях» (GUM) [6], розроблена ISO з BIPM, OIML, IEC і низкою інших міжнародних організацій.

Документ ІЛАС – G17:2002 [7] присвячено роз'ясненням щодо застосування концепції невизначеності вимірювань при випробуваннях з урахуванням вимог стандарту ISO/IEC 17025.

Згідно з «Міжнародним словником основних і загальних термінів у метрології» (VIM) «простежуваність» - це властивість результату вимірювання або визначення еталону, завдяки якій результат можна пов'язати із визначеними еталонами, зазвичай національними чи міжнародними, застосовуючи неперервний ланцюг звірень, які мають відомі невизначеності.

Важливим елементом забезпечення простежуваності вимірювань є оцінка «невизначеності вимірювань», яка згідно з VIM визначається як параметр, пов'язаний з результатом вимірювань – експериментальним середнім квадратичним відхиленням, а характеристики інших складових можуть визначатися іншим способом. У ДСТУ 2681 [8] дещо інше визначення цього терміна: «невизначеність вимірювання» – це оцінка, яка характеризує діапазон, в якому знаходиться істинне значення вимірюваної величини.

У широкому сенсі «невизначеність вимірювання» означає сумнів щодо вірогідності результату вимірювання. Через відсутність різних слів для окреслення цього загального поняття невизначеності і спеціальних величин, що забезпечують кількісні міри цього поняття, наприклад, стандартне відхилення, необхідно вживати слово «невизначеність» у цих двох значеннях. Як правило, слово «невизначеність» без прикметників відноситься як до загального поняття невизначеності, так и до кожної або усіх кількісних мір цього поняття. Коли припускається специфічне вимірювання, вживається відповідний прикметник.

Невизначеність вимірювання взагалі охоплює багато компонентів. Деякі з них можуть бути описані із статистичного розподілу результатів серії вимірювань, і можуть бути охарактеризовані експериментальними стандартними відхиленнями, оцінюють з передбачуваних розподілів ймовірностей, оснований на досвіді або на іншій інформації.

Зрозуміло, що результат вимірювання є найкращою оцінкою значення вимірюваної величини, і що всі компоненти невизначеності, включаючи викликані систематичними ефектами, компоненти, зв'язані з поправками і еталонами порівняння, вносять свій вклад у дисперсію.

Таке визначення терміну невизначеності вимірювання не суперечить наступним поняттям невизначеності вимірювання:

- величина можливої похибки оціненого значення вимірюваної величини, одержаної як результат вимірювання;
- оцінка, що характеризує діапазон значень, в якому знаходиться істинне значення вимірюваної величини.

Хоча ці два традиційних поняття розцінюються як ідеальні, вони сфокусовані на

невідомих величинах: «похибка» результату вимірювання і «істинне значення» вимірюваної величини (в протилежність від оцінюваного значення). Тим не менше, незалежно від того, яке поняття невизначеності прийнято, компонент невизначеності завжди оцінюється за допомогою тих самих даних і зв'язаною з ними інформацією.

Зазвичай вимірювання має ряд недосконалостей, що приводить до появи похибки результату вимірювання. Традиційно, похибка розглядається як така, що має два компоненти: випадкову і систематичну похибку.

Випадкова похибка очевидно виникає з непередбачених або стохастичних часових просторових змін величин, що впливають. Такі ефекти викликають зміни вимірюваної величини при повторних спостереженнях. Хоча випадкова похибка результату вимірювання не може бути компенсована поправкою, її, звичайно, можна зменшити за допомогою збільшення кількості спостережень; її математичне очікування або очікуване значення дорівнює нулю.

Невизначеність результату вимірювання відображає відсутність точного знання значення вимірюваної величини. Результат вимірювання після внесення поправки на відомі систематичні ефекти залишається тільки оцінкою значення вимірюваної величини із-за невизначеності внаслідок випадкових ефектів і неточної поправки результату на систематичні ефекти.

Впровадження системи якості вимірювань потребує, щоб кожний результат аналізу показників стану морської води супроводжувався інформацією щодо невизначеності вимірювань у відповідності з однією з двох зазначених форм (форма для стандартної невизначеності аналізу або форма для розширеної стандартної невизначеності аналізу з відповідним рівнем довіри). При цьому, недостатньо мати просто похибку вимірювань методики, навіть затвердженої на рівні держави, оскільки оцінена невизначеність має свої характеристики, які витікають з характеристик обладнання та розчинів, які використовуються в окремій лабораторії. Невизначеність вимірювань в кожній окремій лабораторії може бути більшою або меншою за невизначеність (або похибку) методики.

**Висновки.** Система управління якістю вимірювань морського екологічного моніторингу знаходиться на етапі становлення. Вже визначені інституційні механізми та існують основи нормативно-правового забезпечення. Організаційне і технічне забезпечення системи внутрішнього та зовнішнього лабораторного контролю якості вимірювань ще потрібно удосконалювати у відповідності до міжнародних стандартів. Результати, отримані в роботі, будуть використані при формуванні системи забезпечення єдності вимірювань при здійсненні морського екологічного моніторингу.

Для ефективного застосування оцінювання невизначеності вимірювання як елемента забезпечення простежуваності вимірювання на різних рівнях метрологічних робіт необхідна і доцільна гармонізація національної нормативно-правової бази з метрології з положеннями настанов і рекомендацій міжнародних та регіональних метрологічних організацій з питань оцінювання невизначеності вимірювань.

## Список літератури

1. ДСТУ ISO 9000 - 2001, Системи управління якістю.
2. ДСТУ ISO 9001 - 2001, Системи управління якістю. Вимоги.
3. ДСТУ ISO/IEC 17025-2005 "Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій"
4. *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology* (Міжнародний словник основних і загальних термінів у метрології).
5. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» (від 11.02.98 N 113/98-ВР)
6. *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (Настанова щодо відображення невизначеності вимірювань).
7. *ILAC-G17:2002. Introducing the Concept of Uncertainty of Measurement in Testing in Association with the Applications of the Standard ISO/IEC 17025* (Вступ до концепції невизначеності вимірювань при випробуваннях з урахуванням застосування стандарту ISO/IEC 17025)
8. ДСТУ 2681-94 "Метрологія. Терміни та визначення".

### ***Метрологическое обеспечение измерений показателей качества морской среды***

**Коморин В. Н., Надич Ю. М.**

*Выполнен анализ системы метрологического обеспечения измерений показателей качества морской среды в рамках осуществления государственного морского экологического мониторинга. Рассмотрены основные вопросы относительно прослеживаемости, неопределенности и погрешности измерений.*

**Ключевые слова:** метрологическое обеспечение, качество, измерение, прослеживаемость измерения, неопределенность измерения, погрешность измерения.

### ***Metrological maintenance of measurements of parameters of quality of the sea environment***

**Komorin V.N., Nadich J.M.**

*The analysis of metrological system of parameters measurements of the sea environment quality has been executed within the framework of realization of the state sea ecological monitoring. The basic questions of the traceability, uncertainty and error of measurements are considered.*

**Keywords:** metrological maintenance, quality, measurements, traceability of measurements, uncertainty of measurement, an error of measurement.