

## ПРИЛАДИ

УДК 621.36

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.6.1/14>**Скакун О.В.**Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз  
Служби безпеки України

### ЕКОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ВОДНИХ РЕСУРСІВ У МЕГАПОЛІСАХ ТА ПРОМИСЛОВИХ ЦЕНТРАХ

Стаття присвячена оглядовому аналізу сучасних засобів вимірювальної техніки для екологічного контролю та екологічного моніторингу водних ресурсів у мегаполісах та промислових центрах. Дано визначення таких важливих понять, як урбанізація, мегаполіс, екологія, інженерна екологія, екологічний контроль та екологічний моніторинг. Лаконічно розглянуті основні актуальні екологічні проблеми мегаполісів та промислових центрів України. Аргументовано, що для отримання об'єктивної інформації про стан і рівень забруднення різних об'єктів навколишнього середовища у мегаполісах та промислових центрах необхідно експлуатувати надійні засоби екологічного контролю. Наведена класифікація засобів вимірювальної техніки, що застосовуються або можуть бути використані для екологічного контролю. Коротко описані універсальні та спеціалізовані засоби вимірювальної техніки для екологічного контролю, приведений їх порівняльний аналіз. Виконано огляд наукових праць та інших інформаційних масивів щодо засобів вимірювальної техніки для екологічного контролю в мегаполісах та промислових центрах. Основний матеріал дослідження в запропонованій статті присвячений аналізу портативних сучасних засобів вимірювальної техніки для екологічного контролю, які виробляються провідними підприємствами в країнах Європейського співтовариства та компаніями розвинутих країн Азії. Проаналізовано особливості сучасних засобів вимірювальної техніки контролю водних ресурсів, що використовуються для побутових потреб. Також у статті наведені марки (типи) та параметри портативних засобів вимірювальної техніки, які рекомендуються використовувати для екологічного контролю.

**Ключові слова:** урбанізація, мегаполіс, екологія, інженерна екологія, екологічний контроль, екологічний моніторинг, засіб вимірювальної техніки, класифікація засобів вимірювальної техніки для екологічного контролю, методи контролю довкілля, контактні методи контролю, якість води, аналізатор якості води, контроль водних ресурсів, рекомендований комплект портативних засобів вимірювальної техніки.

**Постановка проблеми.** Стрімкі темпи урбанізації властиві сучасній цивілізації. Урбанізація (від латинського *urbanos* – міський) означає стрімкі процеси зростання міст і кількості міського населення та посилення їх ролі у всіх сферах життєдіяльності. Внаслідок урбанізації виникло поняття мегаполісу (від грецького *mégas* – великий і *pólis* – місто), тобто надзвичайно урбанізована форма міського поселення, що склалася стихійно та обумовлена високою концентрацією населення. Урбанізацію необхідно розглядати у зв'язку з розвитком виробництва, формуванням промислових центрів та створенням транспортної інфраструктури. На жаль, окрім позитиву, наприклад, розвиток важкого машинобудування, електроенергетики, хімічної та будівельної промисловості тощо, урбанізація призводить до

забруднення повітря та джерел водопостачання, токсичних викидів від експлуатації транспортних засобів, шумового та електромагнітного забруднення. Всі ці явища створюють проблеми з екологією. Термін екологія (від грецького *oikos* – дім, помешкання, місце перебування, *logos* – наука) вперше запропонував у 1866 р. німецький вчений Е. Геккель [1]. Сучасна екологія – це комплексна наука про будову, функціонування, взаємозв'язки багаторівневих систем у природі й суспільстві з метою збереження людства й біосфери [2]. Це, в свою чергу, призвело до створення інженерної екології – науково-технічного напрямку, що бурхливо розвивається, метою якого є охорона навколишнього середовища як результат контролю, також комплексного й раціонального використання сировинно-енергетичних ресурсів [3].

Контроль за навколишнім середовищем (як первинний екологічний контроль системи екологічного моніторингу) – спостереження за станом і змінами важливих для людини та сукупності живих організмів характеристик: складу та якості повітря, якості води, рівня радіації, шумового та електромагнітного забруднення тощо; порівняння одержаних даних із стандартними граничними параметрами; визначення наявних та потенційних джерел шкідливого впливу на ці характеристики та інформування органів місцевого управління, також адміністрацій більш високого рівня про реальний стан навколишнього середовища [3].

Задачі екологічного контролю у мегаполісах та промислових центрах належать до найактуальніших проблем сьогодення, а після звільнення від російських окупантів українських земель на сході та півдні України, і початку відбудови великих міст та промислових підприємств, вони стануть першочерговими.

Контроль водних ресурсів є одним з важливіших напрямів екологічного контролю.

Рекомендаціям щодо вибору сучасних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) для екологічного контролю і присвячена ця стаття.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Актуальні проблемні питання екологічного контролю у мегаполісах та промислових центрах досліджували такі вітчизняні науковці як В.М. Ісаєнко, К.О. Бабікова, Т.В. Михалевська, Л.В. Береза-Кіндзерська [4], Ю.О. Полукаров, Н.А. Праховнік, О.В. Землянська [5], С.В. Берзіна, В.Є. Борейко, Г.С. Бузан [6], М.М. Орфанова [7] та інші.

Значним та вагомим є також внесок зарубіжних вчених. Це, зокрема, глибокі та ґрунтовні праці Луїзи Т. Моліни, Мішеля Гаусса [8], Філіппа Е. Карпа [9].

Але питання аргументованого обґрунтування та вибору сучасних ЗВТ для екологічного контролю, та переліку рекомендацій щодо їх застосування в працях вищезазначених дослідників майже зовсім не розглянуті.

Наявна значна кількість інших публікацій, які мають інформаційно-довідковий та рекламний характер, або розміщені на електронних ресурсах провідних дистриб'юторських та виробничих компаній, що спеціалізуються на розробці, виробництві та (або) постачанні різноманітних ЗВТ [10, 11].

**Постановка завдання.** Метою статті є – ґрунтовний аналіз технічних параметрів та результатів апробацій доступних в Україні певних моделей ЗВТ, що можуть бути використані для задач екологічного контролю у мегаполісах та промислових

центрах, надання лаконічного опису та рекомендацій щодо вибору та оптимального застосування портативних сучасних ЗВТ для контролю водних ресурсів, що використовуються для побутових та промислових потреб. Розглядаються лише певні технічні питання екологічного контролю, юридичні нюанси потребують окремих досліджень.

**Виклад основного матеріалу.** Відомо, що самими ефективними інструментами щодо запобігання у мегаполісах та промислових центрах екологічним аваріям і катастрофам різного рівня є засоби та методи спостереження за станом навколишнього середовища. Для отримання об'єктивної інформації про стан і рівень забруднення різних об'єктів навколишнього середовища необхідно експлуатувати надійні ЗВТ екологічного контролю, які класифікуються по:

- виду досліджуваного середовища (для визначення складу та якості води);
- умовам застосування (стаціонарні, возимі, портативні);
- учбово-виробничому принципу (1-го учбово-професійного рівня, 2-го учбово-професійного рівня, 3-го учбово-професійного рівня);
- методам отримання інформації (хімічний, фізико-хімічний, оптичний, електрохімічний, хроматографічний, фізичний, радіометричний, електромагнітний, масс-спектрометричний, шумометричний) [12].

Екологічний контроль – комплекс заходів, в тому числі моніторингового типу, за станом контролю та нагляду за довкіллям з метою перевірки планів і заходів щодо збереження та раціонального використання природних ресурсів, дотримання чинного законодавства в цій сфері та прийнятих нормативів якості навколишнього середовища. Здійснюється органами державної служби на всіх рівнях, а також громадськими та політичними організаціями. Екологічний моніторинг – це система спостережень, оцінювання, контролю і прогнозу стану навколишнього середовища. Слово «моніторинг» (англ.) – контроль [13].

Засоби екологічного контролю та спостереження поділяють на контактні, дистанційні (неконтактні) та біологічні, а контрольовані показники – на структурні (абсолютні (та) або відносні значення хімічних, фізичних або біологічних величин – рівень концентрації забруднюючої речовини, коефіцієнт сумарного забруднення та інші) та функціональні (продуктивність процесу, вірогідна оцінка кругообігу речовин та інші).

Контактні методи контролю довкілля – найбільш економічно доцільні методи екологічного

контролю у мегаполісах та промислових центрах. Їх можливо структурувати як класичні методи хімічного аналізу та сучасні методи інструментального аналізу.

### **Контроль водних ресурсів**

На теперішній час чиста вода стає стратегічною сировиною, і тому проблеми водокористування, водоочищення і екологічного контролю водних ресурсів стають все більш актуальними. За даними ООН щороку небезпечна вода викликає захворювання у близько 1 мільярда людей.

Використовувати можна лише ту воду, яка не сприяє поширенню інфекційних захворювань і не є причиною розвитку незаразних хвороб, отруєнь [14]. Якість питної води надзвичайно важлива для здоров'я людини. Право на безпечну питну воду є одним з фундаментальних прав людини, що закріплено Комітетом ООН з економічних, соціальних і культурних прав у листопаді 2002 року. Отже, необхідно забезпечити контроль якості питної води через визначення основних забрудників.

В Україні діють Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10), прийняті у 2010 році, та ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості». Вони регламентують показники безпеки та якості питної води. У Європі діє Директива Ради ЄС 2020/2184 від 16 грудня 2020 року про якість води, що призначена для споживання людиною. Всі нормативні документи вказують, які показники необхідно контролювати у питній воді, та встановлюють гранично допустимі норми їхнього вмісту.

Показники безпеки можна дуже умовно розділити на мікробіологічні та фізико-хімічні. Фізико-хімічні поділяють на неорганічні та органічні забрудники. Всі вказані показники надзвичайно важливі і мають контролюватись на регулярній основі підприємствами, що забезпечують населені пункти питною водою, а також представниками державної санітарно-епідеміологічної служби.

В українських умовах окрім іонної хроматографії (рекомендована ДСТУ ISO 10304), яка реалізується в лабораторіях [15, 16, 17], однією з найбільш перспективних для вирішення цього завдання серією технічних засобів є особлива група «найпростіших» портативних засобів контролю – так звані польові «експрес-аналізатори», під якими слід розуміти ЗВТ, за допомогою яких можливе швидке і просте знаходження та/або первинне визначення компонентів, які шукаються у воді. Необхідно зауважити, що хромато-

графи різних типів це дуже високоякісні засоби, але досить високовартісні.

Провести аналіз води означає виконати її перевірку на предмет придатності та відповідності певним параметрам. Найважливішими показниками якості є: вміст солі, хлору, розчиненого кисню; рівень рН і окислювально-відновний потенціал (ОВП). Для їх вимірювання існують різні прилади, які використовують різні методи аналізу води.

На ринку України наявні різні портативні вимірювачі показників складу води, а саме: прилади для визначення кислотності (рН-метри); пристрої для визначення потенціалу води (ОВП-метри); вимірювачі електропровідності води (кондуктометри); фотоколориметри; прилади для визначення вмісту та концентрації солі (солеміри); вимірювачі розчиненого в рідині кисню (оксиметри); визначники вмісту хлору (хлорометри); магнітні мішалки; калібратори; нітратоміри/іономіри; мультифункціональні аналізатори для води; контролери; електроди для вимірювальних приладів; додаткові аксесуари і комплектуючі – блоки живлення, захисні екрани, мембрани та інше; буферні розчини (буфери) для переналаштування вимірювачів і зберігання електродів [10, 11]. Ці невеликі прилади – легкі і компактні, які дозволяють провести хімічний аналіз води в польових умовах, в тому числі і експрес-методом. Окрім професійного використання вони рекомендовані і для побутового застосування, так як коштують порівняно недорого і прості в експлуатації.

Визначення показників складу води дає можливість оцінити її якість. Якість води – поєднання хімічного і біологічного складу та фізичних властивостей води водного об'єкта, яке зумовлює її придатність для певних видів використання. Якість вод(и) – (англ. Water Quality) – ступінь відповідності показників якості води потребам людей і/або технологічним вимогам (у т.ч. для зрошення).

Нормативи якості води – встановлені (нормовані) значення показників якості води (фізичні, хімічні, біологічні), що відповідають певним вимогам, при яких надійно захищається здоров'я людей, створюються сприятливі умови для водокористування, охорони вод та екологічного благополуччя водного об'єкта. До фізичних показників якості води належать температура, прозорість чи каламутність, кольоровість, запах і смак. До хімічних – активна реакція (рН), окиснюваність, мінералізація води (сумарний вміст солей) та ціла низка розчинних хімічних речовин (основні іони, розчинні гази,

біогенні речовини, мікроелементи, радіоактивні речовини, специфічні забруднювальні речовини). До біологічних (мікробіологічних) – вміст кишкової палички, сапрофітних бактерій.

Критерієм оцінки допустимості вмісту речовин у воді є гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у них, а також їх загальносанітарна характеристика. Вимоги до якості вод у водних об'єктах, які використовуються для господарсько-питних, культурно-побутових і рибогосподарських потреб, викладено у «Правилах охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами» (1990). Існують окремі вимоги до якості води, які використовуються для господарсько-питних і культурно-побутових потреб: мінералізація води – не більше 1000 мг/дм<sup>3</sup>; рН – 6,5–8,5; у воді не повинно бути збудників кишкових захворювань тощо.

ГДК шкідливих речовин у воді водних об'єктів, які використовуються для господарсько-питних і культурно-побутових потреб, визначено більше ніж для 1000 інгредієнтів; для рибогосподарських – більше ніж для 200. Але ця кількість не охоплює всі забруднювальні речовини антропогенного походження, яких за орієнтовними даними не менше 5–6 тисяч.

Для інтегральної оцінки якості води водних об'єктів з екологічних позицій розроблено низку методик, які враховують взаємний вплив всіх визначених у воді компонентів через розрахунки індексів забруднення води. В Україні діє «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» (1998), в якій виділяється 5 класів і 7 категорій якості води за ступенем чистоти (забруднення): дуже чисті; чисті; помірно забруднені; забруднені; брудні; дуже брудні; надзвичайно брудні [18].

На сьогоднішній день ринок України пропонує широкий вибір портативних вимірювачів показників складу води.

В результаті аналізу моделей ЗВТ відображених в таблиці 1 та результатів їх апробацій, рекомендується використовувати багатофункціональні прилади, а саме: аналізатор якості води AZ-86031

(рис. 1) або професійний мультифункціональний прилад для вимірювання різних параметрів води і розчинів – рН-метр/кондуктометр/солемір/TDS-метр/оксиметр HORIBA WQ-330-PCD-K (рис. 2).

На особливу увагу заслуговує WQ-330-PCD-K виготовлений у Японії корпорацією «HORIBA» за найвищими світовими стандартами. Прилад оснащений трьома каналами вимірювання та кольоровим графічним рідкокристалічним дисплеєм (70x52 мм) з підсвічуванням, має ергономічний дизайн, ударостійкий, не ковзкий корпус для роботи в польових умовах. Наявні режими автоматичної стабілізації, автоматичного утримання та вимірювання в реальному часі. Існує можливість створення індивідуального комплекту вимірювача – до 35 комбінацій наборів датчиків та можливість проведення до 3 одночасних калібрувань та вимірювань. Вбудована функція автоматичного розпізнавання датчиків. Реалізована можливість передачі даних через USB або бездротовий зв'язок Wi-Fi.



Рис. 1.



Рис. 2.

**Висновки.** Екологічний контроль в мегаполісах та промислових центрах України не втратив свою актуальність і під час російсько-української війни. Після закінчення активної фази конфлікту задачі грамотного застосування ЗВТ для визначення основних забруднень стануть першочерговими. Для забезпечення оперативного екологічного контролю водних ресурсів рекомендується використовувати комплект портативних приладів (таблиця 1).

Таблиця 1

№ з/п	Тип моделі та назва приладу	Виробник	Призначеність
1	AZ-86031 Аналізатор якості води	AZ-Instrument (Тайвань – Китай)	Контроль водних ресурсів
2	HORIBA WQ-330-PCD-K (рН-метр/кондуктометр/солемір/TDS-метр/оксиметр)	Horiba (Японія)	

## Список літератури:

1. Аніщенко В.О. Основи екології: навчальний посібник. Київ, 2011. 148 с.
2. Лобойченко В.М., Варивода Є.О., Артем'єв С.Р., Васюков О.Є., Коврегін В.В., Андронов В.А. ЕКО-ЛОГІЯ. Курс лекцій. Національний університет цивільного захисту України. Харків, 2013. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/8429/1/Екологія.%20Курс%20лекцій.PDF> (дата звернення: 10.10.2024).
3. Жигуц Ю.Ю., Цигика В.В. Інженерна екологія (для студентів технічних спеціальностей): навчальний посібник. Ужгород, 2020. 204 с.
4. Ісаєнко В.М., Бабікова К.О., Михалевська Т.В., Береза-Кіндзерська Л.В. Моделювання і прогнозування рівня забрудненості атмосферного повітря у зонах ризику мегаполісів. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА. 2019. № 2. 24-31 с. URL: <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/44373> (дата звернення: 11.10.2024).
5. Екологічна безпека та цивільний захист: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 121-«Інженерія програмного забезпечення» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ю.О. Полукаров, Н.А. Праховнік, О.В. Землянська. Електронні текстові дані (1 файл: 431 КБ). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 184 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/c1c031e2-4ed2-409b-b18b-8443481b38e1/content> (дата звернення: 09.10.2024).
6. Берзіна С.В. Громадський екологічний контроль: посібник для громадських інспекторів з охорони довкілля / за ред. І.О. Яковлева. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 150 с.
7. Орфанова М.М. Нормування антропогенного навантаження на природне середовище: Практикум. Івано-Франківськ, 2021. 23 с.
8. Alexander Baklanov, Luisa T. Molina, Michael Gauss. Megacities. Air quality and climate № 126. 2016. 235–249 p.
9. Philip E. Karp. How to manage urban expansion in mega-metropolitan areas? 2017. URL: <http://blogs.worldbank.org/sustainablecities/how-manage-urban-expansion-mega-metropolitan-areas> (дата звернення: 16.10.2024).
10. Електронний ресурс фірми «7 вольт». URL: <https://www.simvolt.ua> (дата звернення: 06.09.2024).
11. Електронний ресурс компанії «Еталон-Прилад». URL: <https://etalonpribor.com.ua> (дата звернення: 15.09.2024).
12. Електронний ресурс. URL: <https://studfile.net/preview/7062295/page:8/> (дата звернення: 17.09.2024).
13. Академічний курс «Екологічне право України» / заг. ред. Ю.С. Шемшученка. Київ, 2008. 720 с.
14. Електронний ресурс. URL: <http://alka-mine.at.ua> (дата звернення: 17.09.2024).
15. ДСТУ ISO 10304-1:2003 Якість води. Визначання розчинених фторид-, хлорид-, нітрид-, ортофосфат-, бромід-, нітрат- і сульфат-іонів методом рідкої хроматографії. Частина 1. Метод для слабкозабруднених вод.
16. ДСТУ ISO 10304-2:2003 Якість води. Визначання розчинених аніонів методом рідинного іонного хроматографування. Частина 2. Визначання броміду, хлориду, нітрату, нітриту, ортофосфату та сульфату в стічних водах.
17. ДСТУ ISO 10304-3:2003 Якість води. Визначання розчинених аніонів методом рідинного іонного хроматографування. Частина 3. Визначання хромату, йодиду, сульфїту, тіоціанату і тіосульфату.
18. Томільцева А.В. Екологічні основи управління водними ресурсами. Київ, 2017. 200 с.

## Skakun O.V. MEASURING TECHNIQUE TOOLS FOR ENVIRONMENTAL CONTROL IN MEGACITIES AND INDUSTRIAL CENTERS

*The article is devoted to an overview analysis of modern measuring equipment for environmental control in megacities and industrial centers. The definition of such important concepts as urbanization, metropolis, ecology, engineering ecology, ecological control and ecological monitoring is given. The main current environmental problems of megacities and industrial centers of Ukraine are briefly considered. It is argued that in order to obtain objective information about the state and level of pollution of various environmental objects in megacities and industrial centers, it is necessary to operate reliable means of environmental control. The classification of measuring equipment used or can be used for environmental control is given. Universal and specialized measuring equipment for environmental control are briefly described, and their comparative analysis is given. A review of scientific works and other information arrays on measuring equipment for environmental control in megacities and industrial centers was carried out. The main research material in the proposed article is devoted to the analysis of portable modern measuring equipment for environmental control, which are produced by leading enterprises in the countries of the European Community and companies of developed countries in Asia. The features of modern measuring equipment for control are analyzed water resources used for domestic needs. The article also lists brands (types) and parameters of portable measuring equipment, which the authors recommend to be used for environmental control.*

**Key words:** urbanization, metropolis, ecology, engineering ecology, environmental control, environmental monitoring, measuring equipment, classification of measuring equipment for environmental control, methods of environmental control, contact control methods, water quality, water quality analyzer, control of water resources, recommended set of portable measuring equipment.