

## РАДІАЦІЙНА ГІГІЄНА

## RADIATION HYGIENE

<https://doi.org/10.32402/hygiene2021.71.145>

УДК 351.78:613.648.4:546.79(.296):316.77

### СКЛАДОВІ ЕЛЕМЕНТИ ПРОТОКОЛУ ВИМІРЮВАНЬ КОНЦЕНТРАЦІЇ РАДОНУ У ПОВІТРІ БУДИНКІВ

*Аксьонов М.В., Фризюк М.А., Павленко Т.О., Федоренко О.В.  
ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМНУ», м. Київ*

*У статті представлено методологію проведення вимірювань концентрації радону в повітрі будинків.*

**Мета роботи.** *Встановлення процедур та вимог щодо вимірювання концентрації радону в будинках для визначення середньорічного значення цієї величини на відповідність гігієнічним нормативам.*

*Показано, що для національної системи моніторингу радону необхідно розробити уніфіковані протоколи вимірювання, в яких встановлено єдиний порядок організації та проведення досліджень для збору достовірних даних.*

*Протоколи включають сукупність вимог практичного характеру та процедур, які стосуються вибору методів вимірювання концентрації радону, вимірювальних засобів, алгоритму проведення вимірювань (вибір приміщень, розміщення вимірювального засобу в приміщенні, тривалість та період вимірювання, інформація для мешканців тощо), оцінки середньорічного значення концентрації радону, забезпечення якості вимірювань радону та оформлення отриманих результатів.*

*Протоколи повинні складатись з елементів, які враховують інформацію від усіх зацікавлених сторін, включаючи вчених, фахівців з вимірювань радону, будівельників, посадових осіб та ін.*

*Забезпечення якості вимірювань включає певний набір перевірок якості за різними сценаріями, основними з яких є процедура калібрування детекторів та участь вимірювальних лабораторій у міжлабораторних порівняннях.*

*Показано, що для оцінки відповідності приміщень встановленим гігієнічним нормативам щодо радону більш достовірними є довгострокові (інтегровані) вимірювання.*

*Протоколи регулярно повинні переглядатися та оновлюватися за необхідністю.*

**Висновок.** *Запровадження уніфікованих протоколів вимірювань концентрації радону у повітрі будинків дозволить забезпечити точність та якість вимірювань і отримувати порівнянні результати досліджень, які проводяться різними лабораторіями.*

**Ключові слова:** *радон в приміщенні, протокол вимірювання концентрації радону, план дій.*

## COMPONENTS OF RADON CONCENTRATION MEASUREMENT PROTOCOL IN THE AIR OF BUILDINGS

*M. Aksenov, M. Fryziuk, T. Pavlenko, O. Fedorenko*  
*State Institution «O.M. Marzheiev Institute for Public Health NAMSU», Kyiv*

*The methodology for indoor radon concentration measuring in buildings are presented in the article.*

**Objective.** *Determination of procedures and requirements for measuring radon concentration in buildings to determine the average annual value of this value for compliance with hygiene standards.*

*It is shown that for the national radon monitoring system in order to obtain reliable data it is necessary to develop unified measurement protocols that establish a single procedure for organizing and conducting research.*

*The protocols include a set of practical requirements and procedures related to the choice of selecting a measurement approach of radon concentration, measuring instruments, measurement algorithm (choice of premises, positioning of measuring device in the room, duration and period of measurement, information to the residents etc.), estimating the annual mean value radon concentration, quality assurance in radon testing, and how the measurement results should be specified.*

*Protocols must consist of elements that take into account information from all stakeholders, including scientists, radon experts, builders, and officials.*

*A certain set of quality checks according to different scenarios, the main of which are the procedure for calibrating detectors and the participation of measuring laboratories in interlaboratory comparisons, provides a guarantee of the quality of measurements.*

*It is shown that long-term (integral) measurements are more reliable for assessing the compliance of the premises with the established hygienic standards for radon.*

*The protocols should be regularly reviewed and updated as necessary.*

**Conclusions.** *Introduction of the unified protocols of measurements of concentration of radon in air of houses, will allow to provide accuracy and quality of measurements and to receive comparable results of researches which are carried out by various laboratories*

**Keywords:** *indoor radon, measurement protocol for radon concentration, action plan.*

Значущість радонової проблеми визнана на національних рівнях, що відображено у міжнародних нормативно-правових документах МАГАТЕ, МКРЗ, ВООЗ, Європейської Комісії та ін. [1-5]. Відповідно до вимог цих документів уряди держав повинні запровадити національні плани дій стосовно радону, в яких мають міститись узгоджені дії щодо зниження концентрації радону в будинках.

В Україні було прийняте Розпорядження КМУ від 27.11.2019 р. №1417-р «Про затвердження плану заходів щодо зниження рівня опромінення населення радоном ... на 2020-2024 роки» [6], складовою частиною якого є оцінка концентрації радону у повітрі будинків для усунення або зменшення шкідливого впливу на людину цього радіаційного фактору.

Для вирішення цього завдання з метою виявлення масштабів радонової проблеми в країні та визначення подальшої позиції уряду щодо формування національної стратегії захисту від цього джерела необхідно мати єдину систему національного моніторингу радону. В цій системі мають використовуватись визнані засоби вимірювання та уніфіковані протоколи вимірювання, які забезпечать порівнянні результати досліджень, отриманих різними вимірювальними лабораторіями.

Створення таких методичних документів в нашій країні, які дозволять проводити перевірку за радоновим фактором якості середовища, в якому люди живуть та працюють, є вельми необхідним та актуальним.

**Метою роботи** є встановлення процедур та вимог щодо вимірювання концентрації радону в будинках для визначення середньорічного значення цієї величини на відповідність гігієнічним нормативам.

**Методологія проведення вимірювань концентрації радону у повітрі приміщень.**

Критерієм щодо захисту населення від впливу опромінення радоном у будинках є середньорічна концентрація радону у повітрі приміщень. Основою контролю цієї величини є наявність засобів і методів вимірювань, адекватних поставленим цілям та завданням, які вирішуються.

Для отримання надійної оцінки середньорічної концентрації радону в конкретній будівлі необхідно враховувати багато факторів, серед яких об'ємно-планувальне рішення будинку, час знаходження людини в приміщенні, варіабельність концентрації радону (добова, місячна, сезонна), тип вимірювальних засобів та ін. При цьому важливою та необхідною умовою проведення вимірювань є узгодженість методичних підходів і процедур, а також контроль якості цих вимірювань.

З цією метою мають бути розроблені стандартизовані (на національному / регіональному рівнях) протоколи вимірювань концентрації радону з чітко визначеними наборами правил, за якими мають бути зібрані та інтерпретовані дані, для забезпечення точних та послідовних вимірювань. Ці протоколи регулярно повинні переглядатися та оновлюватися в міру необхідності [1].

Протокол має містити вимоги практичного характеру, які стосуються вибору вимірювальних засобів, методів вимірювання концентрації радону, порядку проведення вимірювань (вибору приміщень, точок розташування вимірювальних засобів, тривалості та періоду вимірювання тощо), розрахунку середньорічного значення концентрації радону у будинку, забезпечення гарантії якості вимірювань, оформлення результатів та ін. [7].

Оскільки вимірювання радону можуть служити різним цілям в різних умовах і проводитись для вирішення найрізноманітніших завдань, відповідні стратегії вимірювань і протоколи мають відображати ці відмінності. Протоколи повинні містити складові елементи, які враховують відомості від усіх зацікавлених сторін, включаючи вчених, фахівців з вимірювань радону, будівельників і посадових осіб, які відповідають за впровадження національних та регіональних програм з охорони здоров'я.

Для радононебезпечних зон можуть знадобитися спеціальні стратегії та протоколи вимірювань з урахуванням кліматичних та геологічних умов і будівельної практики в різних регіонах.

Слід зазначити, що не всі керівні принципи, які розробляються для умов певної території з урахуванням регіональної поведінки радону в будинках, можуть застосовуватися безпосередньо до нових, ще не досліджених територій [1,5,8].

Найчастіше вимірювання проводяться для оцінки відповідності приміщень встановленим гігієнічним нормативам, оцінки поточних доз опромінення населення та працівників, розробки радонозахисних заходів та ін.

Наприклад, з метою оцінки відповідності приміщень встановленим гігієнічним нормативам щодо радону вимірювання можуть проводитись для різних ситуацій (сценаріїв):

- перевірка концентрації радону в окремому новозбудованому будинку;
- вимірювання перед реконструкцією / зміною існуючого житла;
- вимірювання після реконструкції / модифікації існуючого житла;
- перевірка після проведення протирадонових заходів в існуючому житлі;
- громадська вимірювальна кампанія / опитування;
- національне дослідження радону;
- інші вимірювання, необхідні / рекомендовані регламентом;
- суто індивідуальний інтерес мешканця / власника;
- процес оренди житла (для надання мешканцям інформації про концентрацію радону);
- процес продажу / купівлі (щоб надати покупцеві інформацію про концентрацію радону);
- вимірювання радону в ґрунтовому газі на будівельному майданчику;
- вимірювання радону у воді та інше.

Для зазначених сценаріїв можуть застосовуватись як короткострокові, так і довгострокові вимірювання. Короткостроковими вважаються вимірювання середніх концентрацій

радону впродовж днів або тижнів, тоді як довгострокові вимірювання зазвичай охоплюють сезон або більший термін (від декількох місяців до одного року). Однак слід враховувати, що просторова і часова варіабельність радону в приміщенні, а також висока інструментальна варіативність роблять короткострокові вимірювання ненадійними для більшості застосувань. Тому для оцінки середньорічної концентрації радону в повітрі будинку є більш достовірними довгострокові (інтегровані) вимірювання радону з використанням трекового та електретного (електростатичного) методів.

В цілому для радонових програм на національному рівні повинні вибиратись засоби і методи вимірювань (зокрема, тип детектора) з урахуванням вартості одного вимірювання, а отже, і вартості всієї програми, що дозволить найбільш коректно та ефективно вирішити те чи інше завдання.

#### **Складові протоколу вимірювань.**

Під протоколом вимірювання розуміється сукупність вимог та процедур стосовно збору достовірних даних про концентрацію радону у приміщенні.

За змістом протокол вимірювання має включати:

- об'єкт вимірювання – повітря у приміщеннях (будівлях);
- приміщення – вибір залежить від мети вимірювання. Зазвичай мета полягає в тому, щоб з'ясувати, чи не перевищують концентрації радону у приміщенні певний рівень;
- період вимірювання – залежить від мети вимірювання. Вимірювання можна проводити у будь-який період року, якщо на національному або регіональному рівні встановлені сезонні поправочні коефіцієнти;
- тривалість вимірювання – врахування коливання концентрації радону;
- положення детектора – місцезорозташування у приміщенні, яке можна вважати репрезентативним для визначення середньорічної концентрації радону;
- супутні вимірювання – необхідно вимірювати будь-яку величину, що впливає на роботу детектора, а отже і на результат вимірювання (наприклад, потужність дози зовнішнього гамма-випромінювання для електретів; метеорологічні параметри (температура, тиск, вологість) для пояснення змін концентрацій радону тощо);
- забезпечення якості вимірювань.

Процедура вимірювання концентрації радону у будинку включає наступні елементи:

- підготовка та монтаж вимірювальних засобів;
- встановлення вимірювального засобу у вибраному місці із заповненням супровідної документації (наприклад, сертифікату вимірювання) – зазначення адреси та характеристик будівлі, дати та часу встановлення вимірювального засобу, місця вимірювання (поверх, кімната, місце розташування) тощо;
- збір вимірювальних засобів після закінчення їх експонування із зазначенням дати та часу зняття вимірювальних засобів у супровідній документації;
- обробка детекторів на місці або у вимірювальній лабораторії – травлення чи інша хімічна обробка, вимірювання напруги для електретів тощо;
- зчитування інформації з детекторів – отримання даних при роботі безперервного радонмонітора, підрахунок кількості протравлених треків оптичним або іскровим способом та інш.;
- розрахунок середньорічної концентрації радону;
- оформлення звіту (акту) за результатами вимірювань.

#### **Забезпечення якості вимірювань.**

Забезпечення якості – це всі заплановані систематичні дії, які необхідні для забезпечення гарантії того, що вимірювальний засіб, структура чи система, або окремих її компонент виконає свою функцію належним чином та безпечно. Запланована система перевірок проводиться персоналом, який безпосередньо не бере участі у вимірюваннях. Перевірки переважно проводяться незалежними третіми сторонами після застосування процедур контролю якості.

Контроль якості – це певний набір перевірок якості, які проводяться вимірювальною лабораторією в рамках процедури вимірювання радону: точності збору даних та розрахунків, використання затверджених стандартизованих процедур для вимірювань та розрахунків, оцінки невизначеностей, внесення інформації до реєстраційних журналів та бази даних, звітності тощо.

Заходи із забезпечення якості включають [1,7]:

- процедуру калібрування;
- визначення фону детекторів;
- визначення мінімально детектованої активності;
- участь у процедурах порівняння та ін.

Процедура калібрування вимірювальних засобів проводиться в установах, які мають атестацію чи акредитацію, необхідну для зберігання первинних або вторинних еталонів одиниці концентрації радону. Процедура калібрування являє собою експонування вибраних випадковим чином певної кількості детекторів з кожної партії матеріалу в радоновій атмосфері з відомою концентрацією радону впродовж заданого часу. Після закінчення експонування детектори зазнають стандартної процедури обробки, за результатами якої визначається коефіцієнт калібрування, що використовується для перерахунку кількості треків в концентрацію радону.

Визначення фону детекторів. Для кожної нової партії матеріалу детекторів визначається лабораторний та "польовий" фон. Для цього використовується статистично значуща кількість неекспонованих детекторів. Вибір фонових детекторів для кожної партії матеріалу повинен проводитися таким же чином, як і при калібруванні. Фонові детектори зазнають стандартної процедури обробки разом з калібрувальними. Значення лабораторного фону віднімаються від значень концентрації радону, виміряних в досліджуваному будинку.

"Польовий" фон визначається при проведенні поточних вимірювань концентрації радону в будинках. В залежності від загальної кількості вимірювань для визначення "польового" фону необхідно виділяти певний відсоток детекторів (не більше 5 %), які не будуть експонуватися. Вони повинні зберігатися в герметичній упаковці в приміщенні з низькою концентрацією радону на весь час проведення вимірювань у будинках. Детектори для визначення "польового" фону обробляються разом з експонованими в будинках засобами вимірювання. З метою виключення їх особливої обробки надається вигадана (фіктивна) інформація про місцезнаходження. Значення "польового" фону не обов'язково віднімати від значень результатів вимірювань в будинках і повинно використовуватися тільки на розсуд вимірювальної служби.

Мінімально детектована активність (МДА) визначається за допомогою статистичних методів з урахуванням значення лабораторного фону вимірювального засобу. МДА залежить від типу вимірювального обладнання, тривалості вимірювань тощо. Для альфа-трекових детекторів визначення МДА слід проводити щоразу для кожної нової партії матеріалу разом з визначенням лабораторного фону.

Процедури порівняння. Потужним інструментом контролю якості результатів вимірювань є участь вимірювальних лабораторій у кваліфікаційних тестах – міжлабораторних (національних / міжнародних) порівняннях щодо перевірки дієвості та надійності застосовуваних методичних підходів, належної роботи вимірювальних засобів, ретельності та кваліфікації персоналу. Крім того, такі вправи є обов'язковим елементом процедури акредитації (наприклад, ISO) [9].

На якість процесу вимірювань концентрації радону у повітрі приміщень впливають:

- кваліфікація персоналу;
- тип обладнання, яке використовується;
- калібрування засобів вимірювання;
- умови розташування вимірювальних засобів;
- чітке заповнення супровідної документації (наприклад, сертифікату вимірювань);
- врахування фонових значень – при вимірюванні низьких об'ємних активностей радону;

- параметри навколишнього середовища (температура, вологість, тиск тощо);
- проміжок часу між експонуванням та обробкою детекторів тощо.

Персонал, який здійснює вимірювання радону, повинен мати відповідну освіту, професійну підготовку, кваліфікацію та досвід, а також періодично підвищувати рівень знань [9].

Обладнання, яке використовується для вимірювання, повинно відповідати вимогам чинних гігієнічних регламентів щодо вимірювань радону у повітрі, а також мати чинне свідоцтво про метрологічну повірку.

Для проведення процедури порівняння може призначатись (залучатись) координатор – установа чи служба, яка має еталон одиниці концентрації радону. Координатор розробляє та організовує виконання програми порівняння для конкретного виду вимірювань. Для забезпечення умов конфіденційності кожній лабораторії-учасниці перед проведенням процедури порівняння присвоюється код.

Порівняння може проводитися за різними сценаріями.

За одним із сценаріїв усі лабораторії-учасники надають свої вимірювальні пристрої – контрольні детектори – координатору програми для їх опромінення відомими рівнями радону в "радоновій атмосфері" з метою контролю точності всієї системи вимірювання ("контрольні" вимірювання). Потім лабораторії звітують про отримані результати, які порівнюються з даними робочого стандарту – еталону.

Необхідно зазначити, що в даному випадку може існувати спокуса підгонки оператором отриманих результатів до зазначених рівнів опромінення.

За другим сценарієм порівняння лабораторії-учасники отримують від координатора свої вимірювальні засоби, опромінені невідомими для них рівнями радону ("сліпі" вимірювання). Це виключає імовірність підгонки результатів вимірювань.

Ще один сценарій порівняння передбачає використання так званої "підставної особи". Ця особа (представник координатора, невідомий лабораторіям-учасникам) замовляє вимірювання для "приватних" досліджень. Вимірювальні засоби радону надаються координатору для опромінення певними рівнями радону з подальшим їх поверненням для обробки в лабораторію. Результати видаються підставній особі, яка направляє їх координатору для порівняння з даними робочих еталонів.

За результатами проведення порівнянь координатором формується аналітичний звіт. У звіті під відповідними кодами відображаються результати вимірювань та показники точності всіх лабораторій у табличному та/або графічному вигляді. Підсумкова якість результатів вимірювань кожної лабораторії визначається у відповідності до вибраних критеріїв. Звіт про результати порівнянь надсилається до кожної лабораторії.

Слід зазначити, що процедури кваліфікаційних тестів можуть включати інші заходи, які розроблені самою вимірювальною лабораторією, наприклад паралельні (дублюючі) вимірювання.

Паралельні вимірювання забезпечують перевірку якості результату вимірювання та дозволяють вимірювальній лабораторії зробити оцінку відносної точності. Помилки точності можуть бути спричинені відхиленням при виробництві детекторів, при їх розміщенні в будинках, а також при обробці вимірювальною лабораторією. Ці вимірювання повинні проводитися вимірювальними засобами одного і того ж типу. При проведенні паралельних вимірювань надається два детектора для встановлення на визначене місце вимірювання в будинку, замість одного. Детектори розміщують поряд, на відстані не більше 10 см. Місця, вибрані для паралельних вимірювань, повинні розподілятися по всій виборці досліджуваних будинків. Кількість паралельних вимірювань вказується в плані забезпечення якості вимірювальної лабораторії. Значення паралельних вимірювань слід фіксувати у відповідних журналах, аналізувати та досліджувати причини при розбіжностях результатів [1].

### Висновок

Запровадження уніфікованих протоколів вимірювань концентрації радону у повітрі будинків з чітко визначеними наборами правил, за якими мають бути зібрані та інтерпретовані дані, дозволить забезпечити точність та якість вимірювань і отримувати порівнянні результати досліджень, які проведені різними лабораторіями.

### ЛІТЕРАТУРА

1. WHO Handbook on Indoor Radon: a Public Health Perspective. Ed. by H. Zeeb and F. Shannoun. Geneva : WHO, 2009. 94 p.
2. ICRP Publication 115. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. Annals of the ICRP. 2010. Vol. 40 (1). 64 p. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2011.08.011>.
3. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 1. Governmental, legal and regulatory framework for safety : general safety requirements. Vienna : IAEA, 2010. 40 p.
4. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 Laying Down Basic Safety Standards for Protection against the Dangers Arising from Exposure to Ionizing Radiation, and Repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. Official Journal of the European Union. 2014. Vol. 57, L13. 73 p.
5. ICRP Publication 126. Radiological Protection against Radon Exposure. Annals of the ICRP. 2014. Vol. 43 (3). 73 p. DOI : <https://doi.org/10.1177/0146645314542212>.
6. Про затвердження плану заходів щодо зниження рівня опромінення населення радоном та продуктами його розпаду, мінімізації довгострокових ризиків від поширення радону в житлових та нежитлових будівлях, на робочих місцях на 2020-2024 роки : Розпорядження КМУ від 27 листопада 2019 р. №1417-р. URL : <https://www.kmu.gov.ua/npas/prozatverdzhennya-planu-zahodiv-shchodo-znizhennya-rivnya-1417-271119>.
7. National and Regional Surveys of Radon Concentration in Dwellings: Review of Methodology and Measurement Techniques. IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications No IAEA/AQ/33. Vienna, 2013. 35 p.
8. Киселев С.М., Жуковский М.В., Стамат И.П., Ярмошенко И.В. Радон: от фундаментальных исследований к практике регулирования. М. : ФГБУ ГнЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА, 2016. 432 с.
9. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій: ДСТУ ISO/IEC 17025:2017. Авторський переклад д. ф.-м. н., проф. В.М. Новікова. К., 2017. 40 с.

### REFERENCES

1. WHO Handbook on Indoor Radon: a Public Health Perspective. H. Zeeb and F. Shannoun (ed.). Geneva : WHO. 2009 : 94 p.
2. ICRP Publication 115. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. Annals of the ICRP. 2010 ; 40 (1) : 64 p. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2011.08.011>.
3. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 1. Governmental, legal and regulatory framework for safety: general safety requirements. Vienna : IAEA. 2010 : 40 p.
4. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 Laying Down Basic Safety Standards for Protection against the Dangers Arising from Exposure to Ionizing Radiation, and Repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. Official Journal of the European Union. 2014 ; 57 (L13) : 73 p.
5. ICRP Publication 126. Radiological Protection against Radon Exposure. Annals of the ICRP. 2014 ; 43 (3) : 73 p. DOI : <https://doi.org/10.1177/0146645314542212>.
6. Pro zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo znyzhennia rivnia oprominennia naselennia radonom ta produktamy yoho rozpadu, minimizatsii dovhostrokovykh ryzykiv vid poshyrennia radonu v zhytlovykh ta nezhytlovykh budivliakh, na robochykh mistsiakh na 2020-2024 roky: Rozporiadzhennia KМУ vid 27 lystopada 2019 r. №1417-r [On Approval of the Action Plan to Reduce the Level of Radon Exposure to the Population and its Decay Products, Minimize Long-Term Risks from the Spread of Radon in Residential and Non-Residential Buildings, Workplaces

- for 2020-2024: CMU Order of November 27, 2019 №1417-r]. URL : <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-shchodo-znizhennya-rivnya-1417-271119> (in Ukrainian).
7. National and Regional Surveys of Radon Concentration in Dwellings: Review of Methodology and Measurement Techniques. IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications No IAEA/AQ/33. Vienna. 2013 : 35 p.
  8. Kiselev S.M., Zhukovskiy M.V., Stamat I.P., Yarmoshenko I.V. Radon: ot fundamentalnykh issledovaniy k praktike regulirovaniya [Radon: from Basic Research to Regulatory Practice]. Moscow : FGBU GnC FMBC im. A.I. Burnazyana FMBA. 2016 : 432 p. (in Russian).
  9. Zahalni vymohy do kompetentnosti vyprobuvalnykh ta kalibruvalnykh laboratorii : DSTU ISO/IEC 17025:2017. Avtorskyi pereklad d. f.-m. n., prof. V.M. Novikova [General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories: SSTU ISO/IEC 17025:2017. Author's Translation by Dr. Ph.D., Prof. V.M. Novikov]. Kyiv. 2017 : 40 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції / Received: 12.10.2021